

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Toni Haaranen

ABB IRB 1400 TEOLLISUUSROBOTIN KÄYTTÖÖNOTTO

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
013 260 600

Tekijä
Toni Haaranen

Nimeke
ABB IRB 1400 teollisuusrobotin käyttöönotto

Toimeksiantaja
Oy All-Plast Ab

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena ottaa vanha ABB:n teollisuusrobotti uudelleen käyttöön tuotantoon. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi paikallinen yritys Oy All-Plast Ab. Yritys on ruiskuvalutekniikan suomalainen moniosaaja, joka hallitsee monet teknologiat, ja jonka palvelut ulottuvat kotimaisilta markkinoilta aina kansainvälisille markkinoille asti.

Työn tarkoituksena oli selvittää ensin onko robotti enää toimintakuntoinen, ja mitä kaikkea se vaatisi taas toimiakseen. Robotin saatua toimintakuntoon tarkoituksena oli ottaa robotti tuotantoon, ja rakentaa siihen tarvittavat järjestelmät.

Kieli

suomi

Sivuja 50

Liitteet 3

Asiasanat

ABB, teollisuusrobotti, käyttöönotto



THESIS
May 2016
Degree Programme in Electrical Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
013 260 600

Author
Toni Haaranen

Title
ABB IRB 1400 industrial robot introduction

Commissioned by
Oy All-Plast Ab

Abstract

The purpose of this thesis was to re-introduce an old ABB industrial robot into production. The client for this thesis was a local company Oy All- Plast Ab. The company is a Finnish multitasker in injection molding. Oy All-Plast Ab masters many technologies and its services range from the domestic market to the international market.

The goal was to find out first whether the robot is still operational and what it would require to function again. When the robot was running again, the aim was to take the robot into production and build the necessary systems for it.

Language

Pages 50

Finnish

Appendices 3

Keywords

ABB, industrial robot, introduction

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Toimeksiantaja Oy All-Plast Ab.....	6
3	ABB IRB 1400 teollisuusrobotin yleiskuvaus	6
	3.1 Tekniset tiedot.....	14
	3.2 Turvallisuus ja standardit.....	17
4	ABB IRB 1400 teollisuusrobotin käyttöönotto	18
	4.1 Käynnistys.....	18
	4.2 Robotin Kalibrointi	20
	4.3 Käsinojtaus.....	25
	4.4 Ongelmat.....	31
5	ABB IRB 1400 teollisuusrobotin Ohjelmointi	35
	5.1 Rutiinit	37
	5.2 Käskyt	39
	5.3 Testaus	42
	5.4 Automaattiajo	43
6	Ohjelma 3x4 maton tuotantoajoon	45
	6.1 Käytännössä	45
	6.2 Ohjelman rakenne.....	47
7	Pohdinta.....	49
	Lähteet.....	50

Liitteet

Liite 1	Robotin täyttämät standardit
Liite 2	Käskylistat
Liite 3	Käytettävät käskyt ja niiden selitykset

1 Johdanto

Työn tarkoituksena oli ottaa käytetty ABB:n teollisuusrobotti uudelleen käyttöön tuotantoon. Robotti oli ABB IRB 1400 kuusi akselinen käsivarsirobotti, joka on tarkoitettu teollisuuskäyttöön. Robotti on valmistettu vuonna 1998, joten tämänkin myötä ongelmia oli odotettavissa.

Toimeksiantaja Oy All-Plast Ab oli ostanut robotin muutama vuosi sitten toiselta yritykseltä, mutta heillä ei ole ollut resursseja eikä aikaa ottaa robottia käyttöön, joten se on ollut muutaman vuoden varastossa käyttämättömänä. Opinnäyte-työn tekeminen robotin käyttöönotosta oli siis myös hyödyllinen toimeksiantajan kannalta, sillä nyt heidän resursseja ei tarvittaisi läheskään niin paljoa kuin että he ottaisivat robotin käyttöön kokonaan itse.

Työ aloitettiin tarkastamalla robotin kunto, ja että se saadaan käyntiin ja toimimaan moitteetta. Kun robotin toimivuus varmistui, aloitimme miettimään sille sopivaa kohdetta. Sopivia kohteita oli muutamia, mutta päädyimme lopuksi muovimattoihin. Robotin tarkoitus oli siis asetella mattopaloja vierekkäin/limittäin, jotka sitten puristetaan puristimella toisiinsa kiinni, muodostaen näin kokonaisia muovimattoja.

2 Toimeksiantaja Oy All-Plast Ab

Toimeksiantajan on Oy All-Plast Ab, joka on paikallinen ruiskuvalutekniikan suomalainen moniosaaja. Yrityksen palvelut ulottuvat kotimaisilta markkinoilta aina kansainvälisille markkinoille asti. All-Plast hallitsee monet teknologiat, monikomponenttiruiskuvalu, sekä ruiskuvalussa perinteisen ruiskuvalun lisäksi komposiittiruiskuvalun. Sopimusvalmistajana palvelut ulottuvat tuotekehityksestä valmistukseen, varastointiin, pakkaamiseen ja logistiikkaan. Yrityksen asiakastoimiala on myös laaja, johon kuuluu muun muassa sähkö- ja elektroniikateollisuutta, kauppaa, laite-, kone- ja ajoneuvorakentajia, urheiluvälinevalmistajia sekä terveydenhuoltoala. [1.]

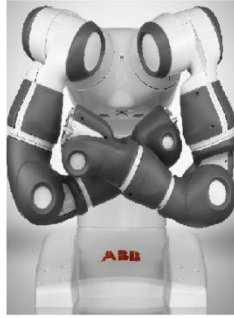
3 ABB IRB 1400 teollisuusrobotin yleiskuvaus

Työssä käytetty robotti on valmistettu vuonna 1998 ja kuuluu ABB:n käsivarsi-robottivalikoimaan. Tämän päivän vastaava malli on IRB 1410, jossa on lähes täysin samat ominaisuudet kuin tässä työssä käytetyssä IRB 1400 mallissa, esim. mm. tarkkuus, ulottuvuus ja käsittely kapasiteetti. ABB on johtava teollisuusrobottien, modulaaristen valmistusjärjestelmien ja robottipalvelujen tuottaja, joka toimii kaikilla mantereilla ja yli 100 maassa, Suomi mukaan lukien. ABB:ltä löytyy robotteihin todella kattava tarjonta erilaisia palveluita. Palveluita ovat muun muassa: Teollisuusrobotit, robottihuolto ja koulutus, sovellusohjelmistot, sovellukset toimialoittain, ohjausjärjestelmät ja ohjelmistot, lisälaitteet ja varusteet, robotstudio ja robottiuutiset – uutiskirje. [2.]

Teollisuusrobotteja ABB:ltä löytyy kattava valikoima, joten jokaiselle asiakkaalle löytyy varmasti sopiva robotti. Teollisuusrobotit voidaan jakaa neljään kategoriaan: käsivarsi-, yhteistyö-, rinnakkaisrakenteiset- ja maalausrobotteihin (kuva 1). [3.]



Käsivarsirobotti



Yhteistyörobotti



Rinnakkaisrakenteinenrobotti

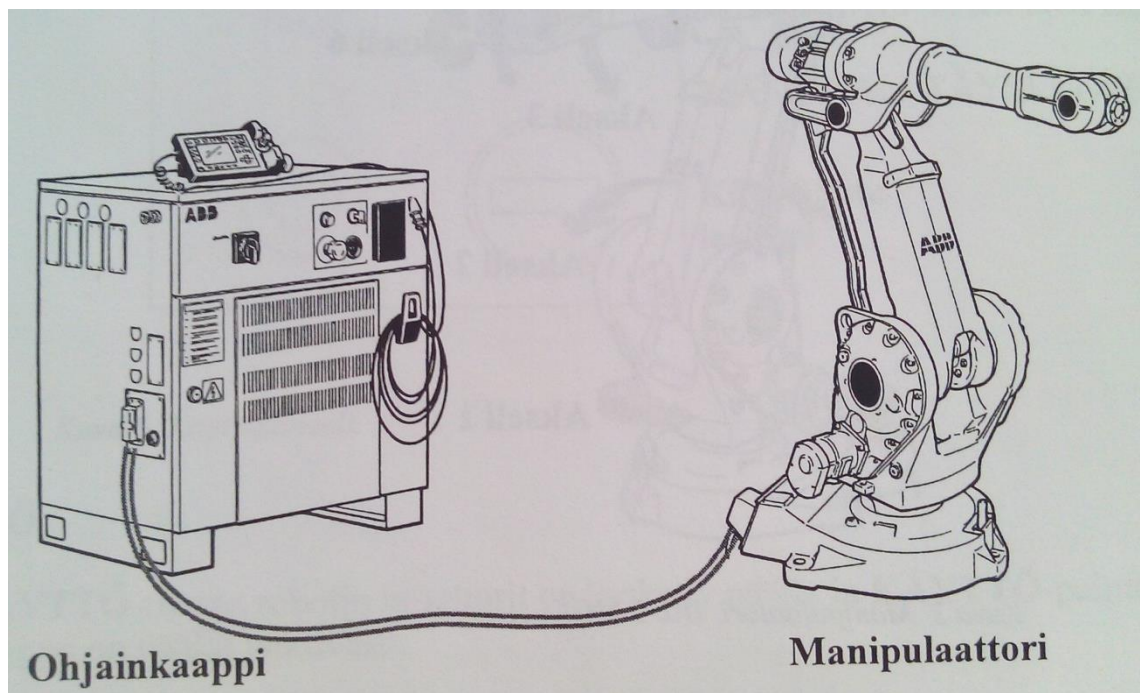


Maalausrobotti

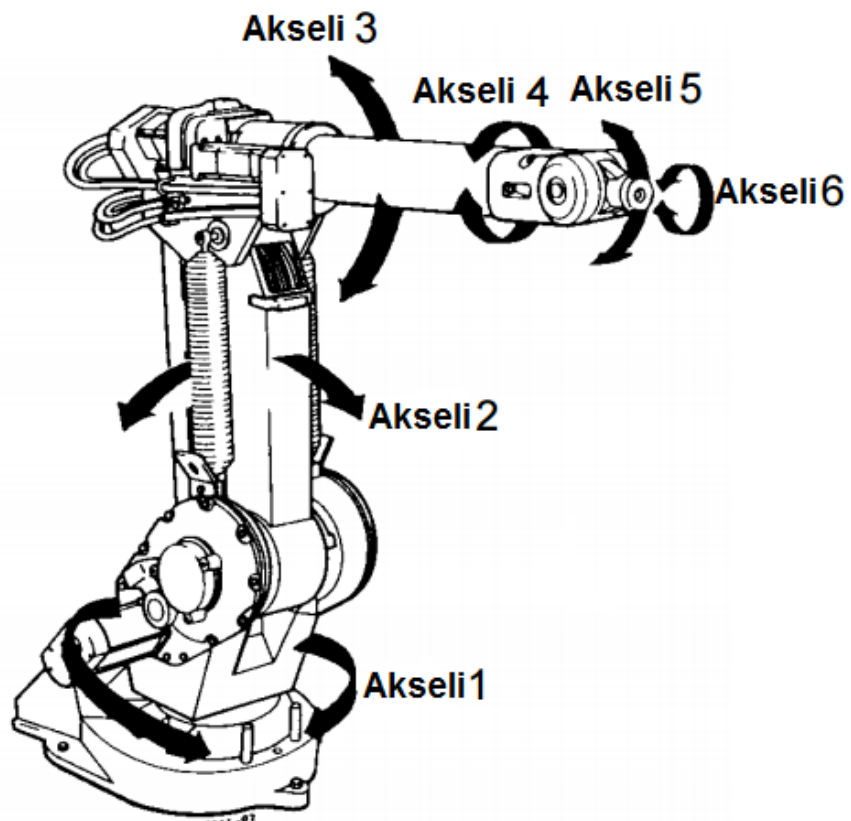
Kuva 1 Teollisuusrobottien tyypit

ABB IRB 1400 on ABB:n valmistama lattiaan asennettava teollisuuskäyttöön suunniteltu käsivarsirobotti, joka käyttää joustavaa robotti-pohjaista automaatioita. Robotin käyttöjärjestelmä on nimeltään BaseWare OS, joka hallitsee kaikkia puolia, esim. liike ohjausta, kehittämistä ja sovellusohjelmien kommunikointia jne. Robotti on avorakenteinen, joten se soveltuu hyvin joustavaan käyttöön, ja joka voi kommunikoida laajasti ulkoisten järjestelmien kanssa.

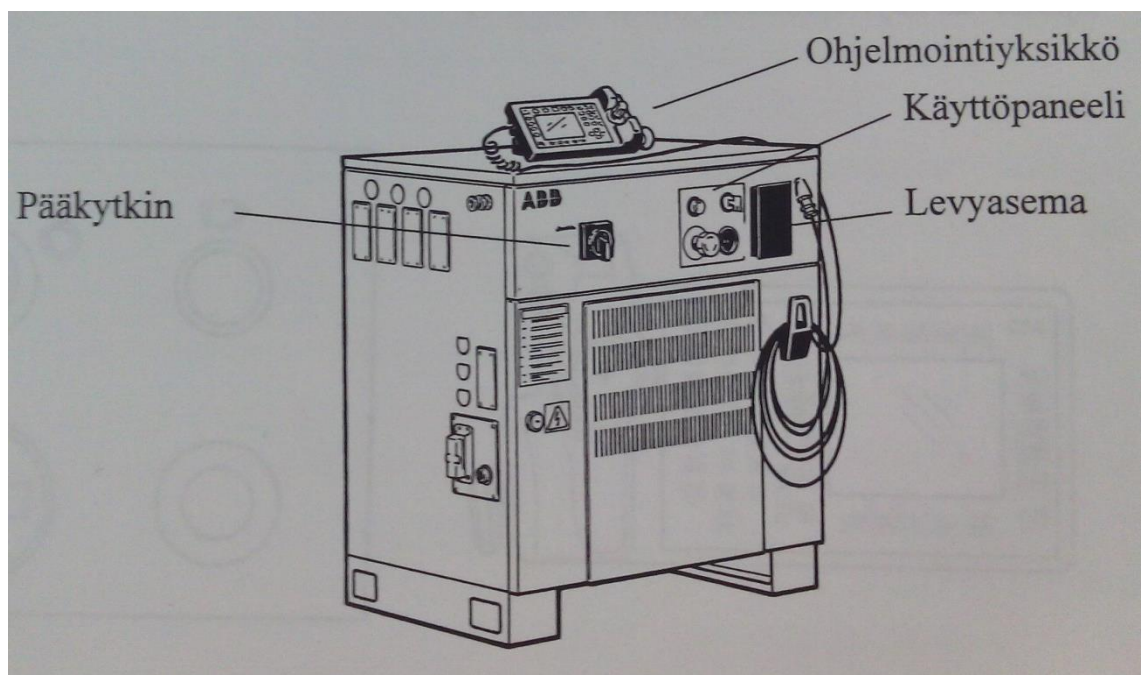
Robottiin kuuluu kaksi pääosaa, ohjainkaappi ja manipulaattori (kuva2), jotka yhdistetään toisiinsa kahdella kaapelilla. Tässä IRB 1400 manipulaattorissa on 6 akselia. Akseleiden liikkeet ja nimet on esitetty kuvassa 3. Kuvassa 4 nähdään ohjainkaapin pääosat, eli S4C:n ohjausjärjestelmä, joka koostuu pääkytkimestä, ohjelmointiyksiköstä, käyttöpaneelistä, sekä levyasemasta.



Kuva 2 Robotin kaksi pääosaa, ohjainkaappi ja manipulaattori

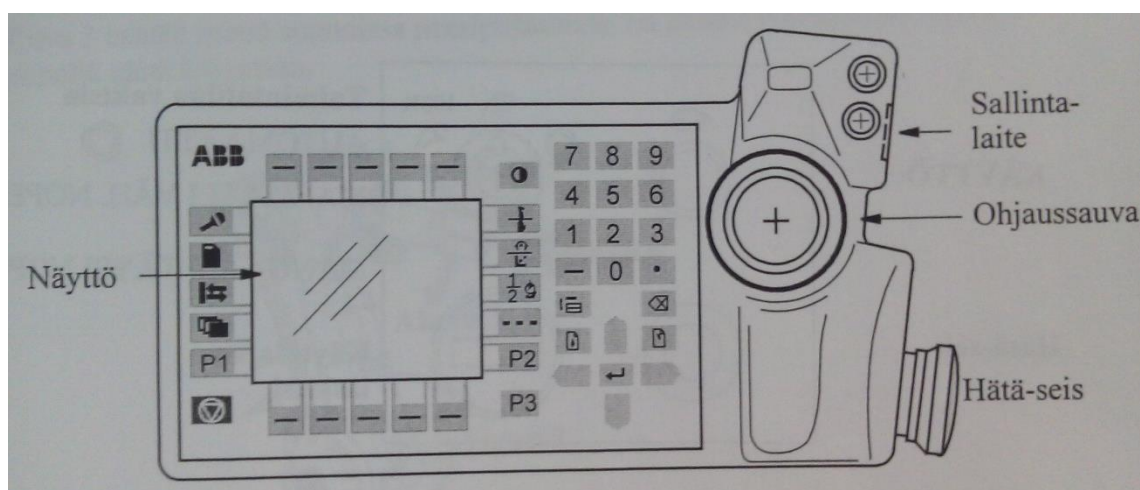


Kuva 3 IRB 1400 manipulaattorin akselit ja liikkeet



Kuva 4 Ohjainkaapin pääosat

Robotin kanssa voidaan kommunikoida ohjelmointiyksikköä (kuva 5) ja/tai käyttöpaneelia käyttäen (kuva 6), joka sijaitsee ohjainkaapissa. Kuvassa 5 on nimetty ohjelmointiyksikön tärkeimmät/käytetyimmät toiminnot/osat. Näytöstä nähdään tietysti kaikki tiedot, esim. ohjelmoinnin aikana. Näyttöön mahtuu 16 riviä ja jokaiselle riville mahtuu 40 merkkiä. ”Hätä-seis”-painikkeesta saadaan robotti pysähtymään välittömästi, riippumatta järjestelmän tilasta tai käyttötavasta. Palataksaan takaisin käyttö-tilaan, on painike palautettava alkuperäiseen asentoon, ja tämän jälkeen hätä-pysäytys on vielä kuitattava painamalla käyttöpaneelin käyttö-painiketta. Ohjaussauvalla liikutetaan manipulaattorin akseleita, esim. ohjelmoitaessa robottia. Sallintalaitteella sallitaan manipulaattorin moottoreiden käyttö, jota käytetään käsinohjauksessa ja ohjelmasuorituksen aikana.



Kuva 5 Ohjelmointiyksikkö

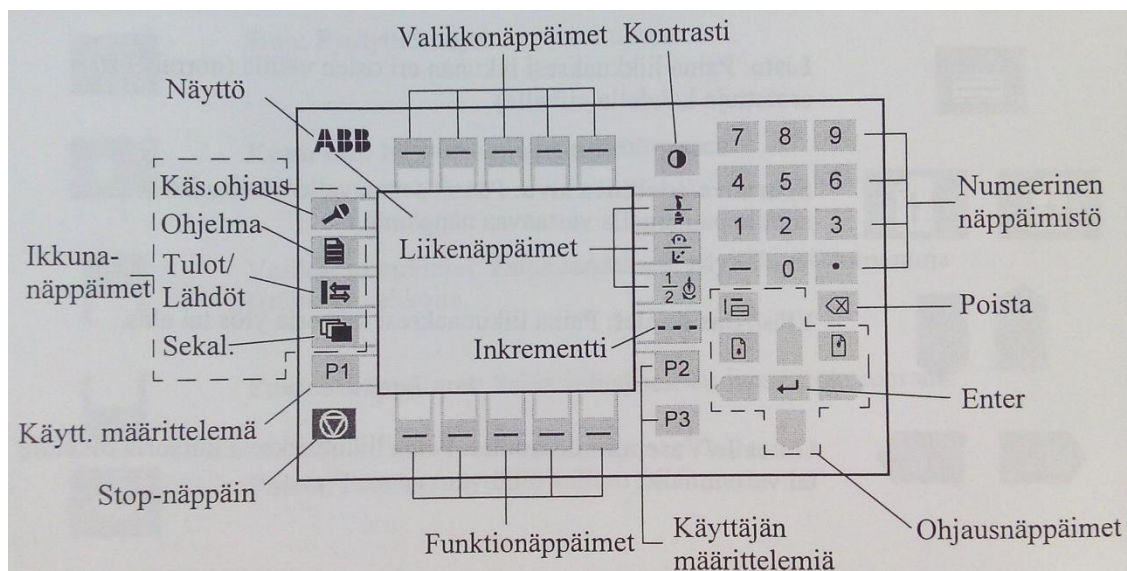
Kuvassa 6 nähdään käyttöpaneelin painikkeet ja niiden toiminnot. ”Käyttö”-painikkeella kuitataan kaikki järjestelmässä tapahtuvat virheet tai vikakoodit. Käyttö-painikkeen valo osoittaa myös sen onko robotti käyttö-tilassa, valon pallessa jatkuvasti manipulaattorin moottorin on käytössä, kun taas valon vilkkuesssa robotti on valmius-tilassa. Käyttöpaneelin ”häätä-seis”- painike toimii samalla tavalla kuin ohjelmointiyksikössä. Käyttöajan laskuri kertoo manipulaattorin käyttöajan, eli sen ajan kun moottorit ovat käytössä.

Toimintatilan valitsemalla valitaan haluttu toimintatila. Automaattitilaa toisin sanoen tuotantotilaa käytetään tuotannossa, kun ajetaan valmiita ohjelmia. Manuaalituloja on kaksi, toisessa tilassa manipulaattorin nopeus on rajoitettu pienemmäksi täydestä nopeudesta, jota käytetään robottia ohjelmoitaessa sekä oltaessa robotin työskentelyalueella. Täydennopeuden manuaalituloa käytetään tehdyn ohjelman testaukseen, eli testiajoon.



Kuva 6 Käyttöpaneeli

Kuvassa 7 on esitetty ohjelmointiyksikön näppäimet, joiden toiminnot ovat seuraavat:



Kuva 7 Ohjelmointiyksikön näppäimet

Ikkunanäppäimet: Näillä saadaan näytölle haluttu ikkuna.



Käsinohjaus: Päästään käsinohjaukseen.



Ohjelma: Käytetään robotin ohjelmoimiseen ja testiajoon.

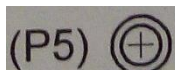
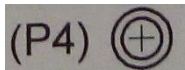


Tulot/lähdöt: Näyttää kaikki tulojen/lähtöjen tilat.



Sekalaista: Näyttää listan, josta voidaan valita järjestelmäparametrit, huolto, tiedostonhallinta jne.

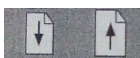
Ohjelmoitavat näppäimet: Näppäinten funktiot voidaan itse ohjelmoida.



Ohjausnäppäimet: Liikutetaan kohdistinta.



Lista: Voidaan siirtyä ikkunan eri osien välillä.



Seuraava/edellinen sivu: Pääset seuraavalle/edelliselle sivulle.



Ylös/Alas nuolet: Liikutetaan kursoria ylös tai alas.



Oikealle/Vasemmalle nuolet: Liikutetaan kursoria oikealle tai vasemmalle.

Liikenäppäimet: Valitaan miten robottia tai muuta oheislaitteistoa liikutetaan ohjaus-sauvaa käytettäessä.



Liikeyksikkö: Valitaan ohjataanko manipulaattoria vai muuta robottiin liitettyä yksikköä.



Liiketyyppi: Valitaan miten robotti liikkuu käsinohjauksella, uudelleenorientaatio tai lineaarinen liike.



Liiketyyppi: Akselittainen liike. 1 = akselit 1-3, 2 = akselit 4-6.



Inkrementti: Askellus päälle/pois.

Muut näppäimet:



Stop: Pysäyttää ohjelman suorituksen.



Kontrasti: Voidaan säätää näytön kirkkautta.



Valikkonäppäimet: Saadaan näkymään eri valikoita.



Funktionäppäimet: Voidaan valita eri komentoja.



Poista: Poistaa näytöllä valitun datan.



Enter: Käytetään datan valitsemiseen ja syöttämiseen.

3.1 Tekniset tiedot

Seuraavana on esitetty robotin tärkeimpiä teknisiä tietoja. Teknisistä tiedoista voidaan havaita, että mistään pienistä laitteista ei ole kyse.

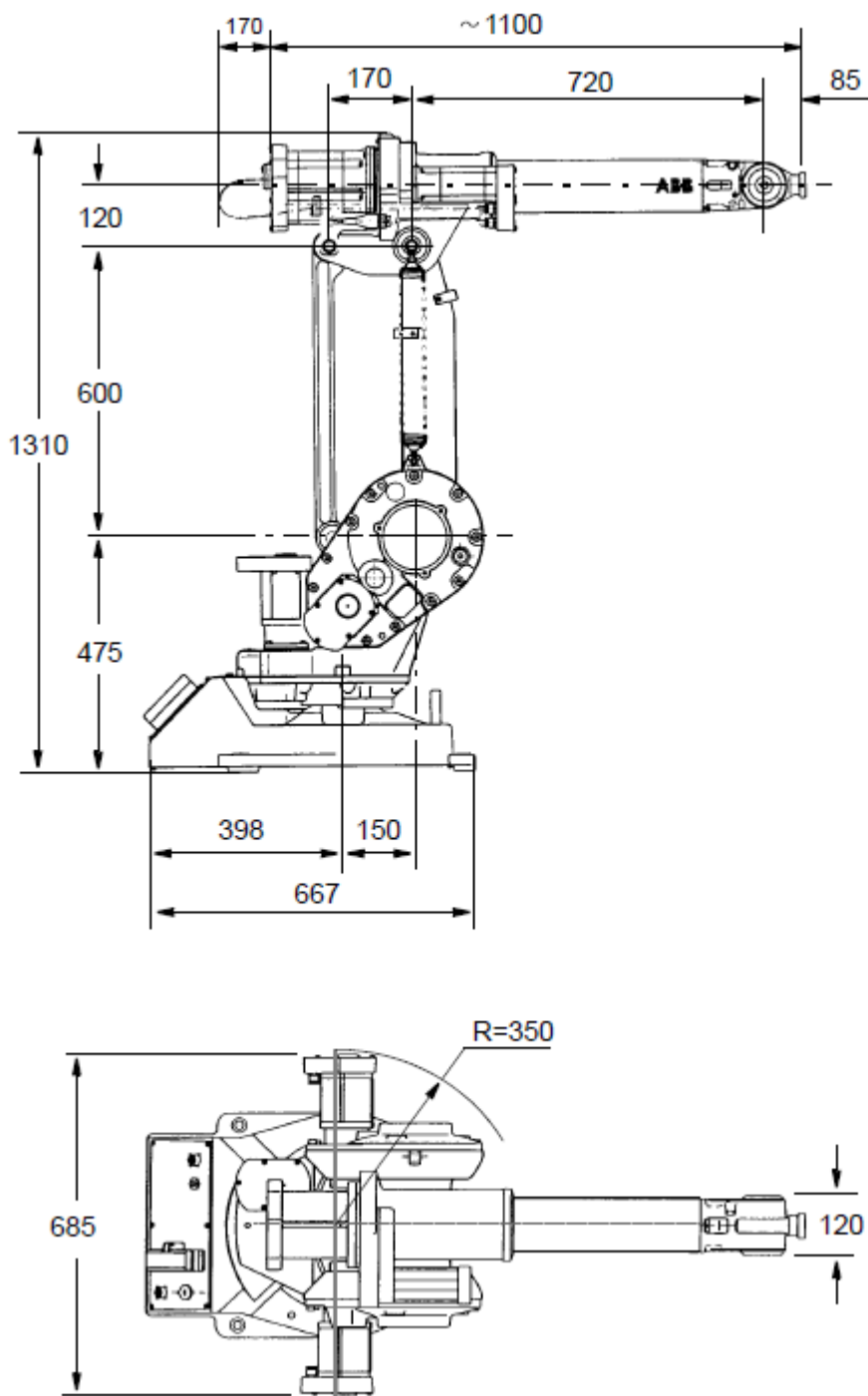
Ohjainkaapin tekniset tiedot:

- Paino 240 kg
- Korkeus 950 mm
- Leveys 800 mm
- Syvyys 540 mm
- Melu < 70 dB
- Käyttölämpötila +5°C.....+52°C
- Pääjännite 200 – 600V
- Päätaajuus 50/60 Hz
- Nimellisteho 4,5 kVA – 14,4 kVA
- Akun kesto 1000 h

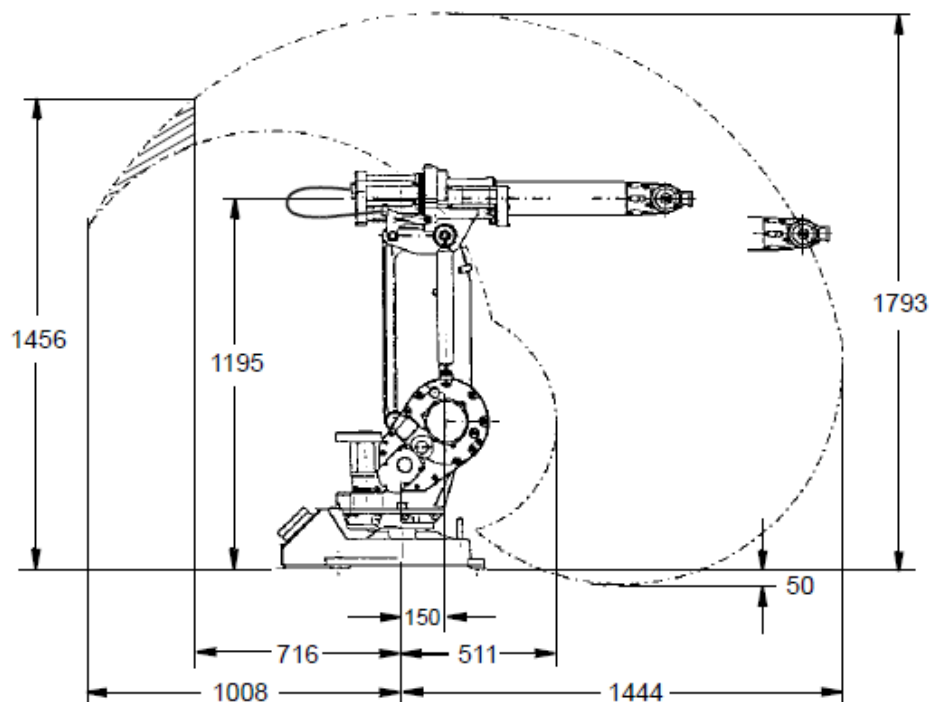
Manipulaattorin tekniset tiedot:

- Paino 225 kg
- Käsittelykapasiteetti 5 kg
- Ulottuvuus 1,44 m
- Tarkkuus 0,05 mm
- Jalusta 667 x 450 mm

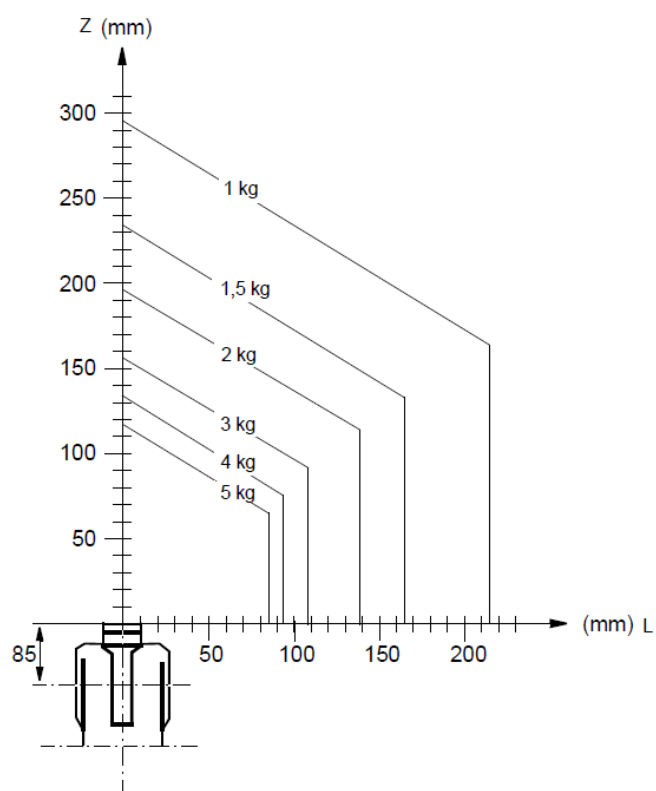
Kuvassa 8 on esitetty manipulaattorin tarkat mitat millimetreinä sivulta ja ylhäältä päin katsottuna. Kuvassa 9 on kuvattuna manipulaattorin tarkat ulottuvuudet ja työalueet. Manipulaattorin maksimi käsittelykapasiteetti on 5 kg, mutta jos työkalu on pidempi, niin silloin käsittelykapasiteetti tietysti laskee. Kuvasta 10 nähdään miten käsittelykapasiteetti muuttuu suhteessa manipulaattorin tarkastelupisteeseen (TKP) nähden.



Kuva 8 Manipulaattorin mitat



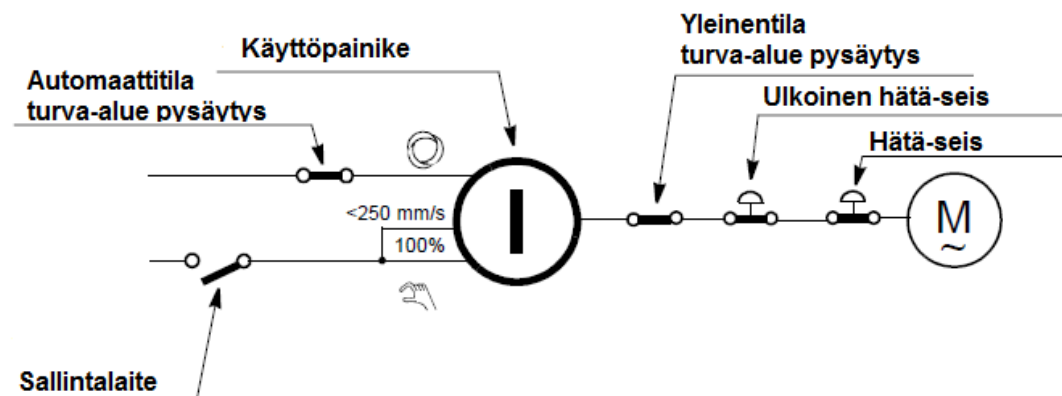
Kuva 9 Manipulaattorin ulottuvuudet ja työalueet



Kuva 10 Käsittely kapasiteetti

3.2 Turvallisuus ja standardit

Robotti on suunniteltu ehdotonta turvallisuutta ajatellen. Robotin oma turvajärjestelmä perustuu kaksi-kanava piiriin jota seurataan jatkuvasti, jos jossakin komponentissa ilmenee virhe, moottoreiden sähkönsyöttö katkeaa ja jarrut kytkeytyvät päälle. Kuvasta 11 nähdään kaksi-kanava turvajärjestelmän piirin kytkeä/toiminta kaavio, eli jos jokin näistä kytkimistä on auki/aukeaa, moottorit pysähtyvät välittömästi. Robotti on suunniteltu ISO10218 (tammikuu 1992, Teollisuusrobottien turvallisuus) standardin vaatimusten mukaisesti, ja noudattaa myös liitteessä 1 olevia standardeja.



Kuva 11 Kaksi-kanava turvajärjestelmä kaavio

4 ABB IRB 1400 teollisuusrobotin käyttöönotto

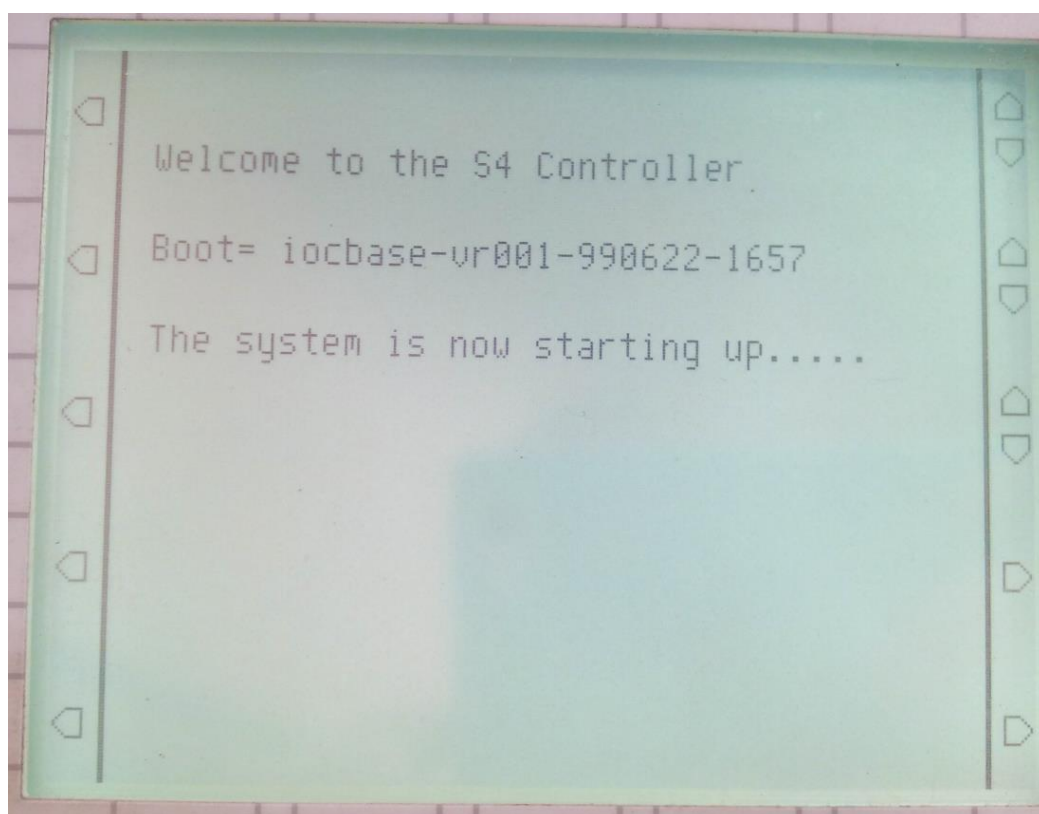
4.1 Käynnistys

Ennen robotin käynnistämistä varmistetaan että robotin suoja-alueella ei ole ketään. Kun suoja-alue on varmistettu, voidaan robottiin kytkeä käyttöjännite ohjauskaapissa olevassa pääkytkimestä (kuva 12). Jännitteen kytkemisen jälkeen näyttöön pitäisi ilmestyä kuvan 13 mukainen käynnistyskuva. Tämän jälkeen robotti tarkastaa automaattisesti oman ohjausjärjestelmän, ja mikäli tarkastuksessa ei löydy virheitä, näyttöön ilmestyy kuvan 14 mukainen alkukuva. Jos taas tarkistuksessa löytyy virheitä, siitä ilmoitetaan virhe-koodilla ja lyhyellä tekstillä, jotka tallentuvat myös tapahtumalokiin.

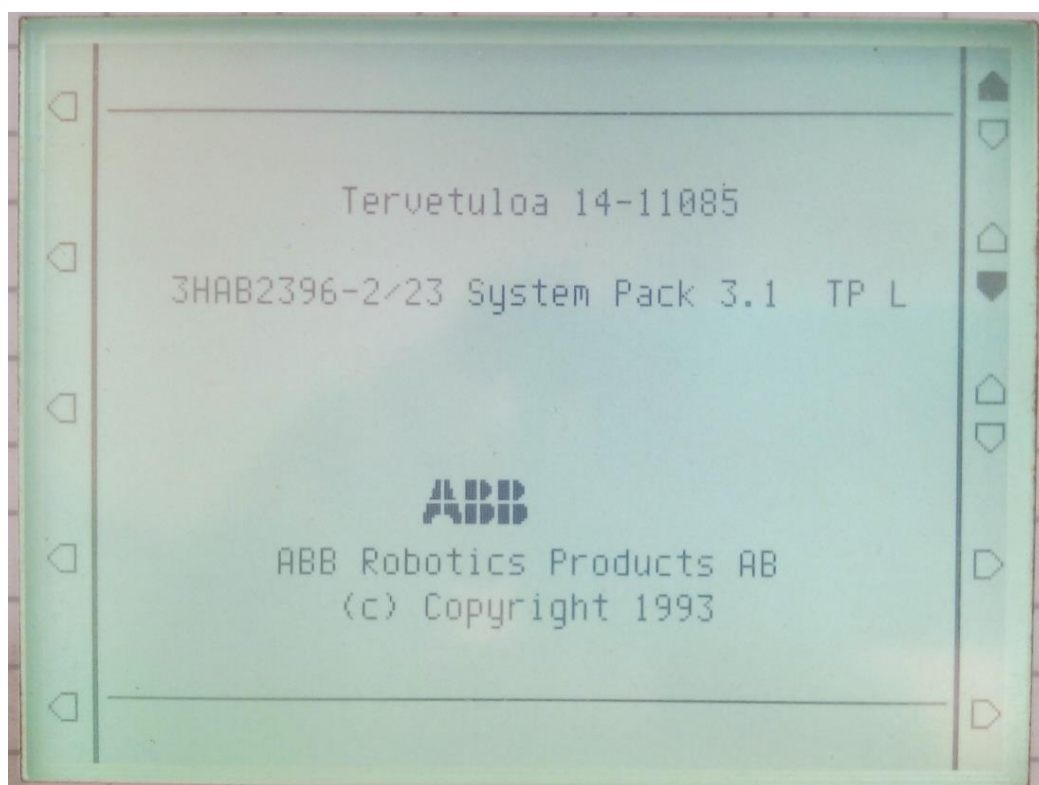
Robotti käynnistyy samassa tilassa kuin sen on ollut sammuttaessa. Suoritusosoitin ei muutu, ja myös kaikki digitaaliset lähtösignaalit palautuvat virran katkaisua edeltäneisiin arvoihin. Toimintatilavalitsimen ollessa automaattitilassa, tuotantoikkuna ilmestyy alunäytön jälkeen automaattisesti muutaman sekunnin kuluttua. Manuaalitilassa ollessa päästään haluttuun valikkoon painamalla ikkunanäppäintä.



Kuva 12 Pääkytkin



Kuva 13 Käynnistysnäyttö



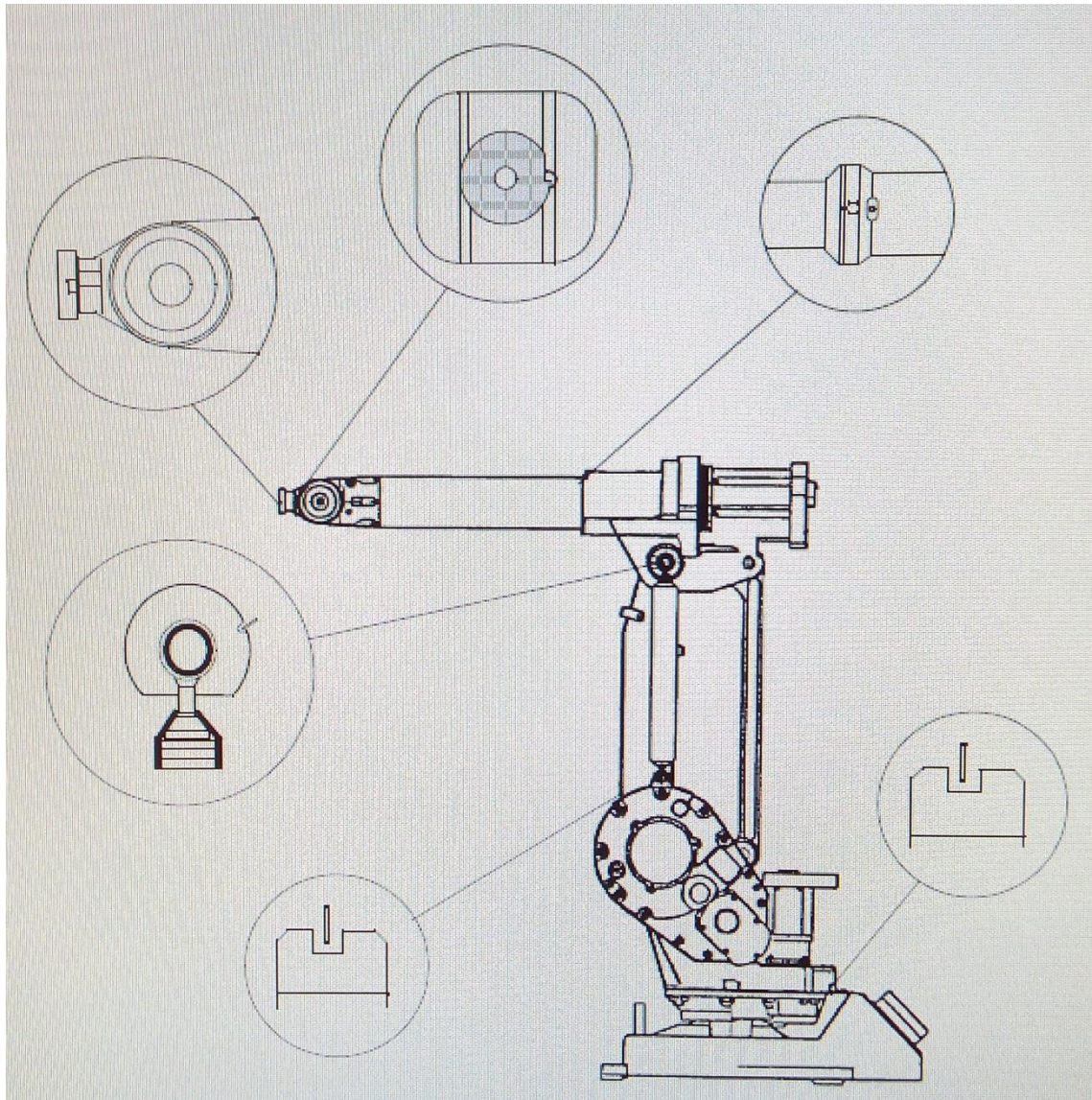
Kuva 14 Alkunäyttö

4.2 Robotin Kalibrointi

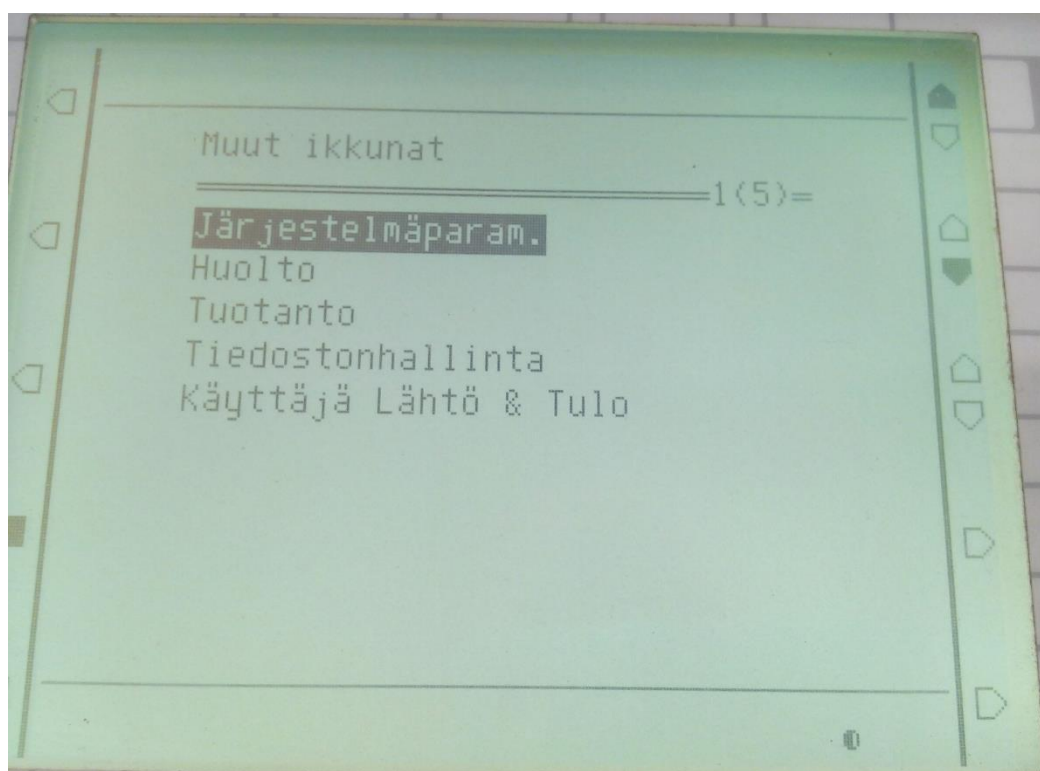
Kalibrointi on tehtävä jotta robotti toimii luotettavasti ja oikein, jos robottia tai sen ulkoisia akseleita ei ole kalibroitu kunnolla, se heikentää myös robotin ketteryyttä. Kalibrointiin kuuluu kaksi vaihetta, resolveiden kalibrointi (hieno-kalibrointi) ja kierroslaskureiden päivitys. Hieno kalibroinnin voi tehdä vain ammattilainen erityistyökalujen avulla, mutta kierroslaskureiden päivityksen pystyy tekemään robotin käyttäjä. Kierroslaskureiden päivityksessä määrätään kalibroinnille oikeat moottorin kierrokset (kiertymät), jossa akselit asetetaan kalibrointiasemiin ja päivitetään kierroslaskurit.

Kalibrointi aloitetaan ohjaamalla/asettelemalla manipulaattorin akselit kalibrointiasemiin. Akselit ovat oikeissa kalibrointiasemissa, kun akseleiden kalibrointimerkit ovat kohdallaan kuvan 15 mukaisesti. Tämän jälkeen painetaan ”Seka-laista” – ikkunanäppäintä, josta päästään kuvan 16 mukaiseen ikkunaan, josta valitaan ”huolto”. Huolto-ikkunasta valitaan valikkonäppäimellä ”Näytä” ja sieltä valitaan taas ”kalibrointi” (kuva 17). Avautuneessa ikkunassa näkyy robottiin kytketyt yksiköt, ja sen kalibrointitila (kuva 18). Kalibrointitila voi olla jokin seuraavista:

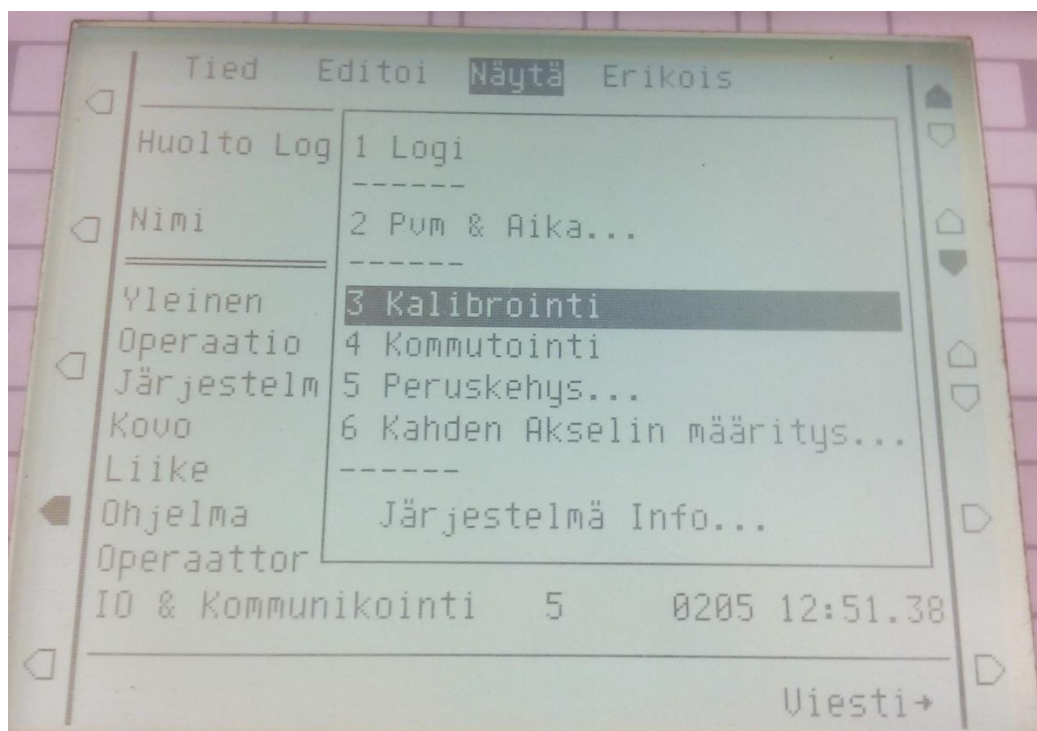
- Tahdistunut = Kaikki akselit on kalibroitu ja niiden asennot tunnetaan. Yksikkö on valmis käyttöön.
- Päivittämätön kierroslaskuri = Kaikki akselit on hieno-kalibroitu, mutta yhdellä tai useammalla on kierroslaskuri päivittämättä.
- Ei kalibroitu = Yhtä tai useampaa akseleista ei ole hieno-kalibroitu. Tämä/nämä täytyy siten hieno-kalibroida.
- Tahdistamaton = Vähintään yhdellä akselilla on asento, jota ei tunneta.



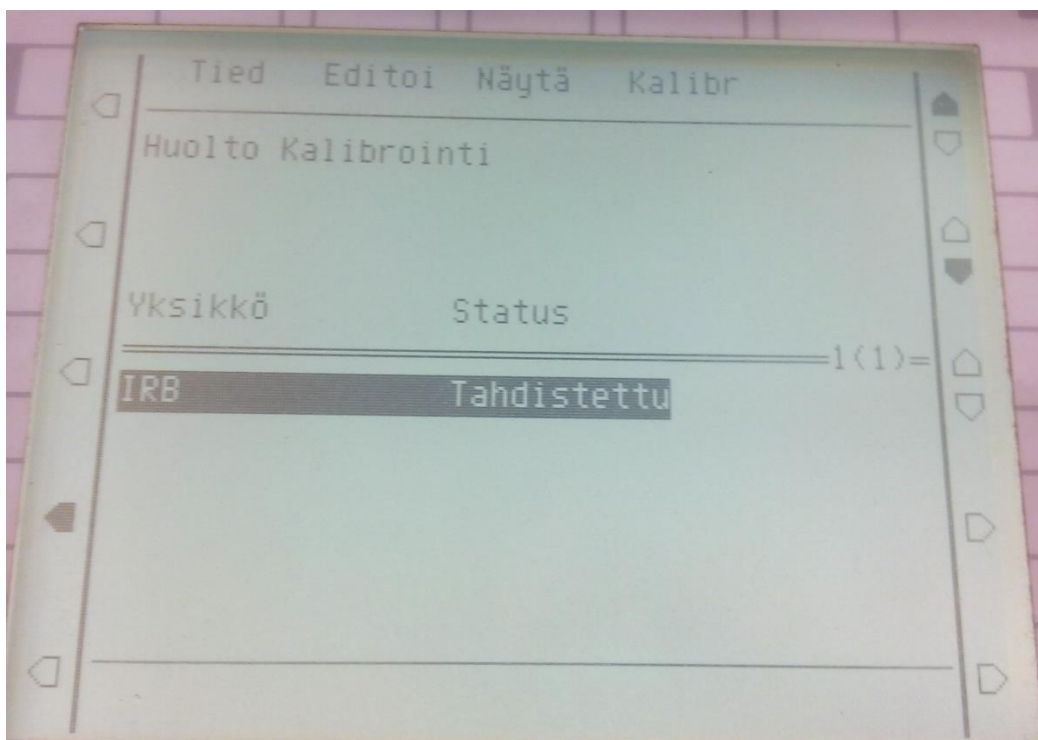
Kuva 15 Manipulaattorin kalibrointimerkit



Kuva 16 Sekalaista-ikkuna

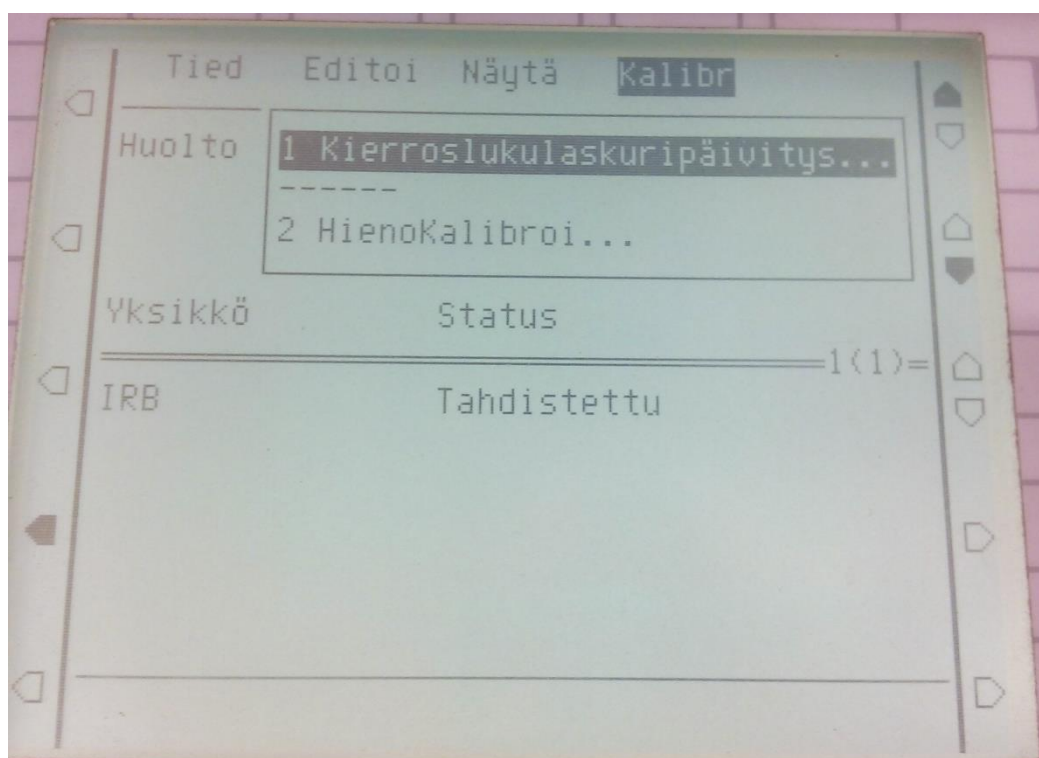


Kuva 17 Huolto-ikkuna

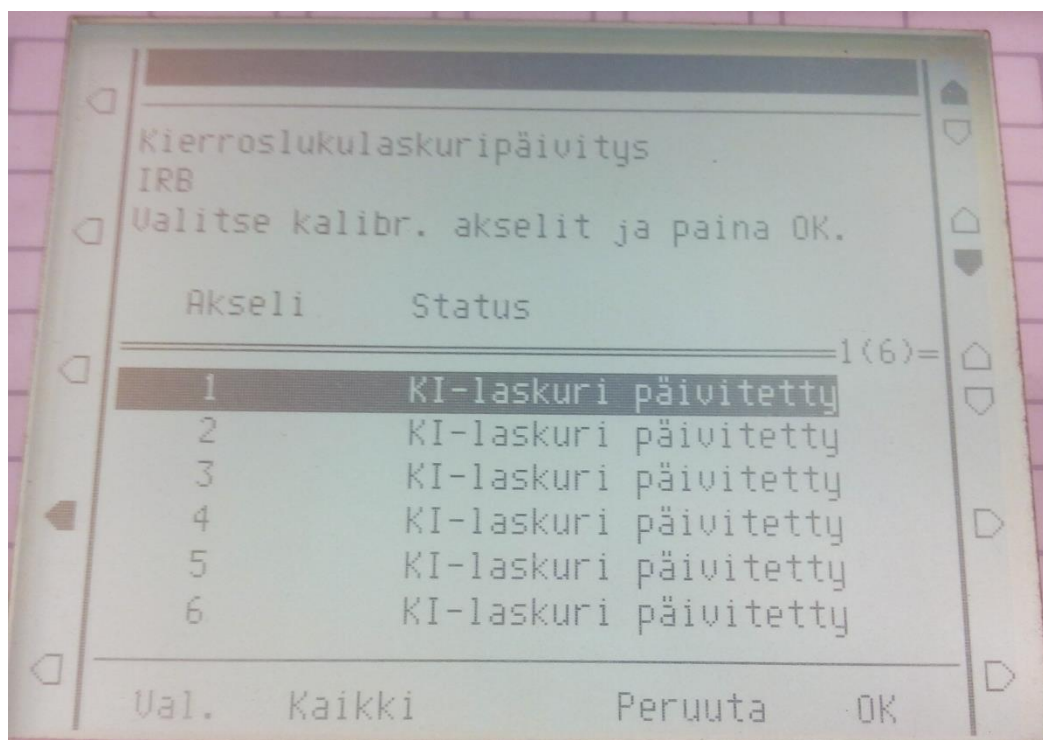


Kuva 18 Yksiköiden kalibrointitilat

Seuraavaksi valitaan valikkonäppäimellä "Kalibr" ja sieltä valitaan taas "kierros-lukulaskuripäivitys" (kuva 19), josta aukeaa kuvan 20 mukainen kierroslukulas-kuripäivitys-ikkuna. Ikkunasta nähdään kaikkien akseleiden tilat. Kierroslasku-reiden päivitys tehdään valitsemalla kaikki akselit painamalla valikkonäppäintä "kaikki" ja sitten "OK". Tämän jälkeen vielä hyväksytään päivityksen vahvistus, jonka jälkeen kierroslaskurit on päivitetty, ja niissä tulee lukea kuvan 20 mukai-sesti "KI-laskuri päivitetty". Yksikön tilana pitäisi nyt myös näkyä "tahdistettu" (kuva 18).



Kuva 19 Kierroslukulaskuripäivitys

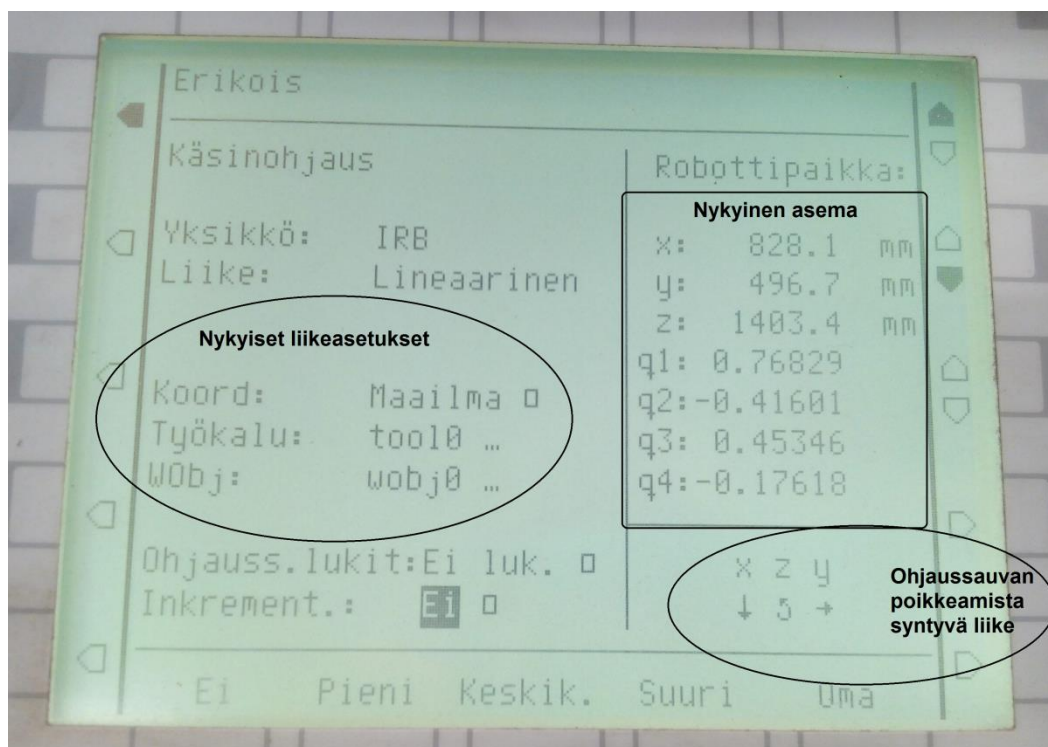


Kuva 20 Akseleiden kalibrointitilat

4.3 Käsinohjaus

Manipulaattoria liikutetaan ohjaussauvalla, jossa on kolme vapausastetta, eli manipulaattoria voidaan liikuttaa kolmeen eri suuntaan samanaikaisesti. Liikkeen nopeus riippuu siitä miten paljon ohjaussauvan asento poikkeaa sen keskiasennosta, eli mitä suurempi poikkeama sitä nopeampi liike, mutta maksimissaan 250mm/s. Ohjaussauvaa voidaan käyttää riippumatta siitä, mikä ikkuna on auki, paitsi jos robotti on automaattitilassa, valmius-tilassa tai ohjelman suoritus on kesken.

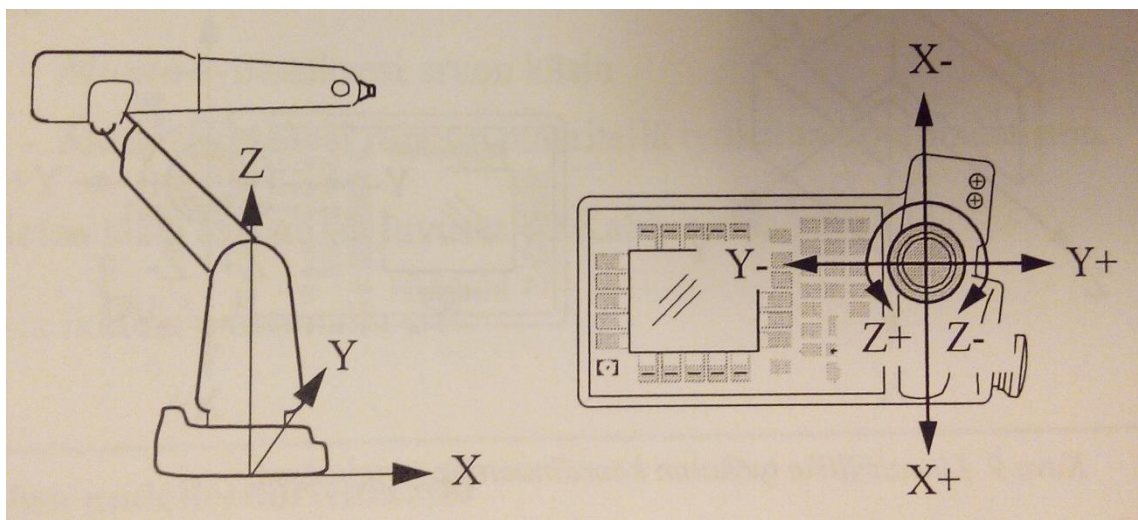
Käsinohjaukseen päästään painamalla käsinohjaus-ikkunanäppäintä (kuva 7), josta aukeaa kuvan 21 mukainen ikkuna, josta nähdään nykyiset liikeasetukset, nykyinen asema ja ohjaussauvan poikkeamista syntyvä liike.



Kuva 21 Käsinohjaus-ikkuna

Nykyinen asema kertoo manipulaattorin akseleiden paikat/sijainnit. Lineaarises-
sa sekä uudelleenorientaation liiketyypeissä esitetään työkalun sijainti ja orien-
taation suhteessa työkohteen koordinaattijärjestelmään. Akseli kerrallaan liike-
tyypissä akseleiden asennot esitetään asteina suhteessa vastaavan akselin ka-
librointiasentoon.

Ohjaussauvan poikkeamia osoittava kenttä näyttää miten ohjaussauvan pää-
suunnat vaikuttavat akseleihin tai koordinaattisuuntiin (kuva 22).

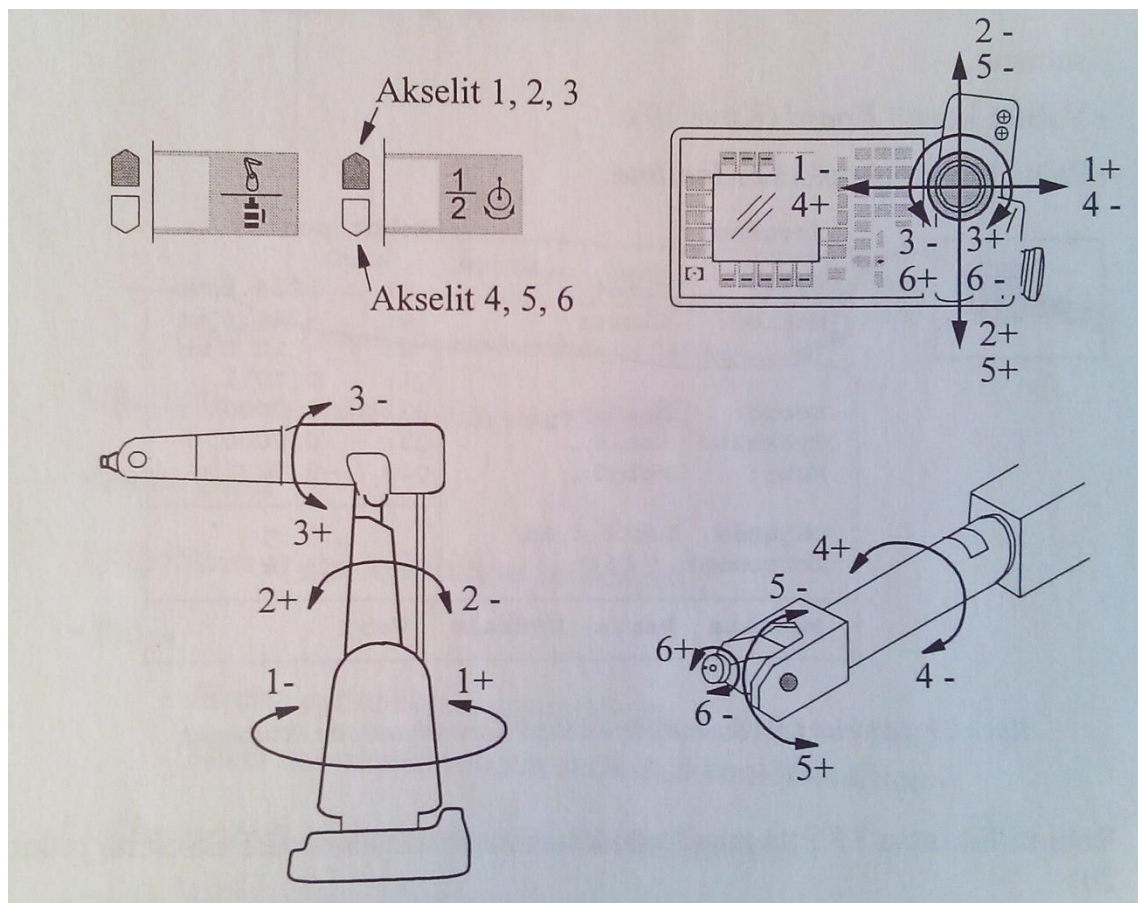


Kuva 22 Ohjaussauvan liikkeet lineaarisella liikkeellä peruskoordinaattijärjestelmässä

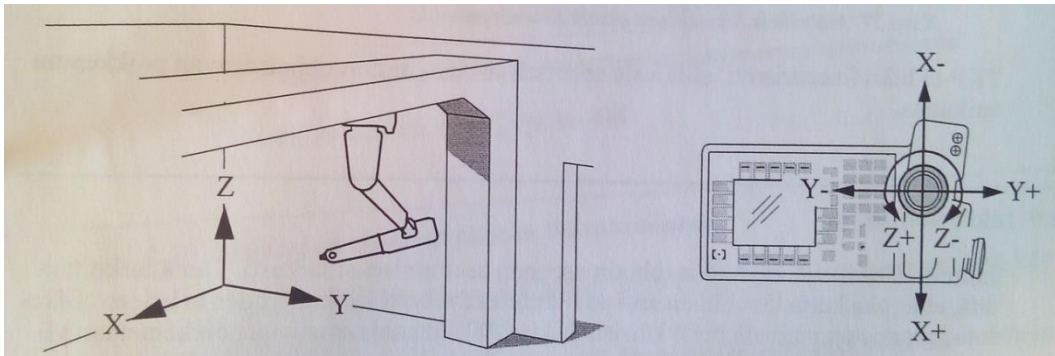
Liikeasetuksia voidaan muuttaa miten manipulaattori reagoi ohjaussauvan liikkeisiin. Liikeasetukset ovat seuraavat:

- Yksikkö = Kertoo ohjataanko manipulaattoria vai jotakin muuta ohjausyksikköön liitettyä yksikköä, teksti "robotti" tarkoittaa manipulaattoria. Yksikköä voidaan vaihtaa liikeyksikkö-näppäimellä.
- Liike = Manipulaattorin liikkeeksi voidaan valita lineaarinen, uudelleenorientaatio tai akseli kerrallaan –liike.
 - Lineaarinen = Suoraviivainen liike
 - Uudelleenorientaatio = Työvälineen koordinaattijärjestelmän akselien suhteen
 - Akseli kerrallaan = Ohjaussauvan yksi liike ohjaa vain yhtä akselia. Akselit on jaettu kahteen ryhmään. (ryhmä 1: akselit 1-3, ryhmä 2: akselit 4-6). Kuvassa 23 nähdään akseli ryhmät ja ohjaussauvan liikkeet kullekin akselille.
- Koord = Valitaan minkä koordinaattijärjestelmän mukaan manipulaattorin liikkuu.
 - Maailma = Liikkuu maailmankoordinaatiston akselia pitkin (kuva 24)
 - Perus = Liikkuu peruskoordinaatiston akselia pitkin (kuva 22)
 - Työkalu = Liikkuu työkalun suunnassa (kuva 25)
 - WObj = Liikkuu työkohteen suunnassa (kuva 26)
- Työkalu = Valitaan käytettävä työkalu
- WObj = Valitaan työkohde, Wobj viittaa maailman koordinaattijärjestelmään
- Ohjaus.lukit = Ohjaussauvan akselisuuntien esto, eli voidaan estää ohjaussauvan poikkeamat tiettyihin suuntiin (kuva 27)

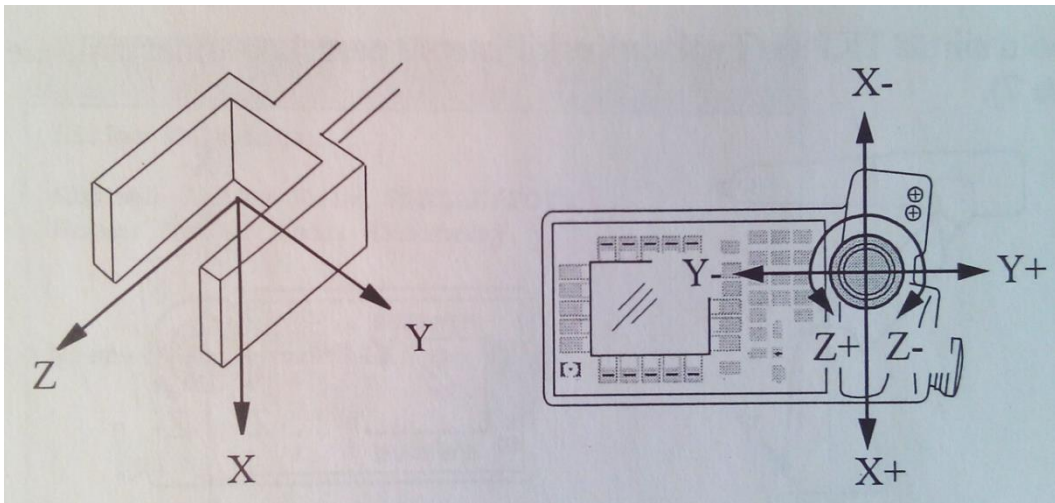
- Inkrement. = Manipulaattorin liikkuu askeleittain (liikerata muodostuu pienistä peräkkäisistä liikkeistä). Liikkeen/askeleen suuruus voidaan valita (kuva 28). Inkrementtiliikettä käytetään kun halutaan liikuttaa manipulaattoria tarkasti.
 - Ei = Normaali (jatkuva) liike
 - Pieni = Noin 0,05 mm tai 0,005 astetta per ohjaussauvan poikkeutus
 - Keskik. = Noin 1 mm tai 0,02 astetta per ohjaussauvan poikkeutus
 - Suuri = Noin 5 mm tai 0,2 astetta per ohjaussauvan poikkeutus
 - Oma = Käyttäjän määrittelemä askel



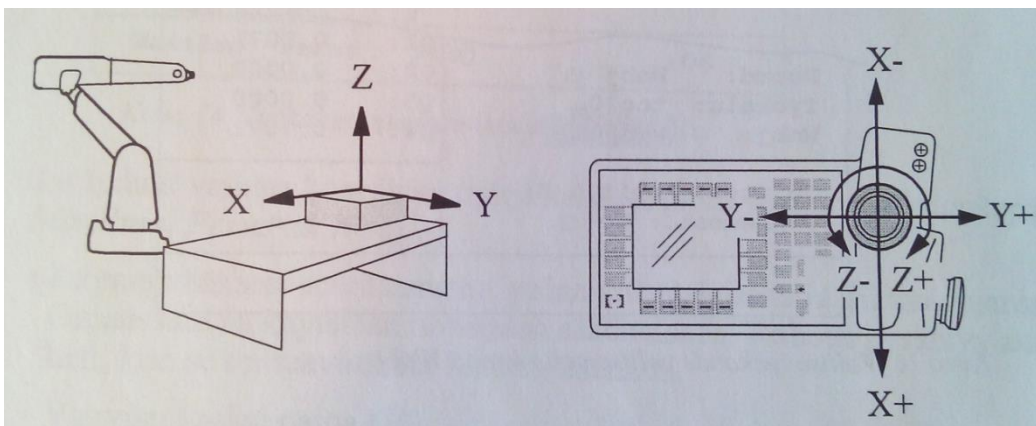
Kuva 23 Ohjaussauvan liikkeet akseli kerrallaan



Kuva 24 Maailman koordinaattijärjestelmä



Kuva 25 Työkalun koordinaattijärjestelmä



Kuva 26 Kohteen koordinaattijärjestelmä

Koord: Perus <input type="checkbox"/> Työkalu: tool0... Wobj: wobj0...		z: 12.8 m Q1: 0.7071 m Q2: 0.0000 m Q3: 0.0000 m Q4: -0.7071 m
Ohjauss. lukit <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inkrement.: Ei <input type="checkbox"/>		← ↻ ↑ x y z
Ei Luk. ↑↓ ↻ <input checked="" type="checkbox"/> ↔		

Kuva 27 Ohjaussauvasta estetyt liikkeet

Erikois		
Käsinohjaus		Robottipaikka: <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Yksikkö: IRB		x: 828.1 mm <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Liike: Lineaarinen		y: 496.7 mm <input checked="" type="checkbox"/>
		z: 1403.4 mm <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Koord: Maailma <input type="checkbox"/>		q1: 0.76829 <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Työkalu: tool0 ...		q2: -0.41601 <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Wobj: wobj0 ...		q3: 0.45346 <input type="checkbox"/>
		q4: -0.17618 <input type="checkbox"/>
Ohjauss.lukit: Ei luk. <input type="checkbox"/>		x z y <input type="checkbox"/>
Inkrement.: Ei <input type="checkbox"/>		↓ ↻ → <input type="checkbox"/>
Ei Pieni Keskik. Suuri Oma		<input type="checkbox"/>

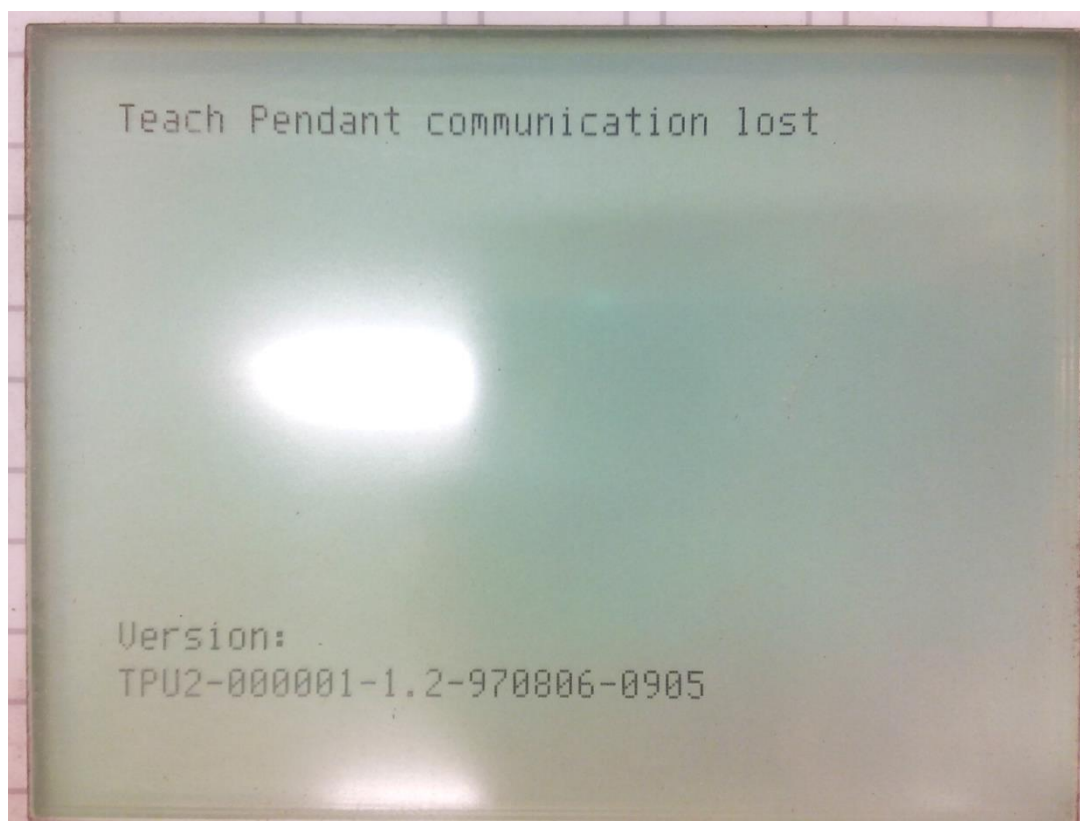
Kuva 28 Inkrementtiliikkeen valinta

4.4 Ongelmat

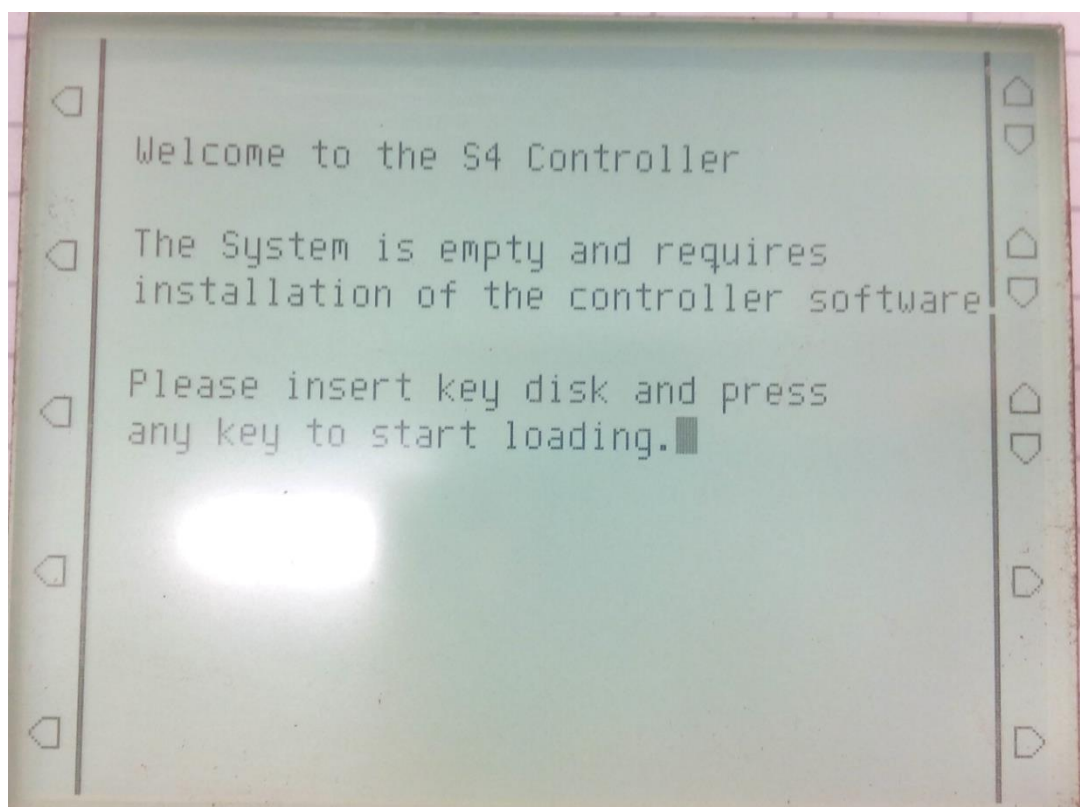
Ongelmia robotin käyttöönotossa ilmeni heti työn alkuvaiheessa. Kun robottiin kytkettiin ensimmäistä kertaa käyttöjännite, robotti ei käynnistynytäkään niin kuin ohjekirjassa, vaan näyttöön ilmestyi kuvan 29 mukainen virhekoodi. Eli yhteys ohjelmointiyksikön ja ohjauskaapin/robotin välillä ei toiminut oikein. Aloitimme vian etsinnän tarkistamalla molemmat johdot ohjauskaapin ja manipulaattorin väliltä, sekä ohjelmointiyksikön johdon, että ne oli varmasti kytketty oikein ja että ne olivat ehjät. Kun kaapeleista ei löytynyt mitään vikaa, tuli mieleen tarkastaa yksinkertaisin asia, että ohjauskaapille tulee varmasti kaikki vaiheet, eli yksi syötön sulakkeista oli palanut, joka vaihdettiin sitten uuteen, jonka jälkeen ko-keiltiin käynnistää robottia uudestaan.

Ensimmäinen vika korjaantui, mutta sitten ilmeni uusi vika, eikä robottia saatu vielääkään käyntiin. Tällä kertaa virhekoodi oli kuvan 30 mukainen. Jostakin syystä robotin muisti oli tyhjentynyt, ja sen myötä kaikki sen ajurit oli hävinnyt. Ohjekirjaa tutkiessa löysin tälle myös syyn, eli robotin akut olivat tyhjentyneet, ja näin ollen robotin kaikki ajurit ja asetukset olivat "nollautunut". Kuvan 31 mukaiset akut löytyy ohjauskaapin sisältä yläkannen alta. Tarvittavia ajureita ei robotin mukana ollut tallessa, joten ne jouduttiin tilaamaan ABB:ltä, samalla kun tilattiin 2 kpl uusia akkuja.

Kun saimme tavarat ABB:ltä, asensimme ensin uudet akut paikoilleen, jonka jälkeen aloitin asentamaan ajureita. Ajureiden asennus sujui hyvin, koska robotti "kerto" aina mitä pitää tehdä (kuva 32). Ajureiden asennusten jälkeen robotti saatiin "käyntiin". Kuvassa 33 nähdään ensikäynnistyksen tapahtumaloki, jossa robotti ilmoitti kaikki ohjausjärjestelmässä havaitsemat virheet käynnistyksen yhteydessä. Virheet kuitattiin painamalla "OK", jonka jälkeen pääsin "käyttämään" robottia.



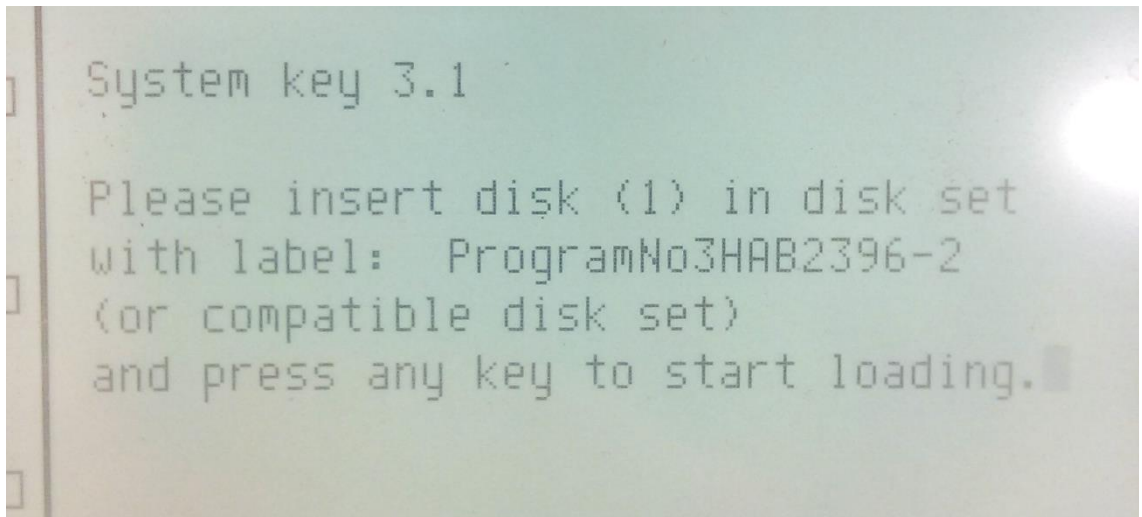
Kuva 29 Virhenäyttö 1



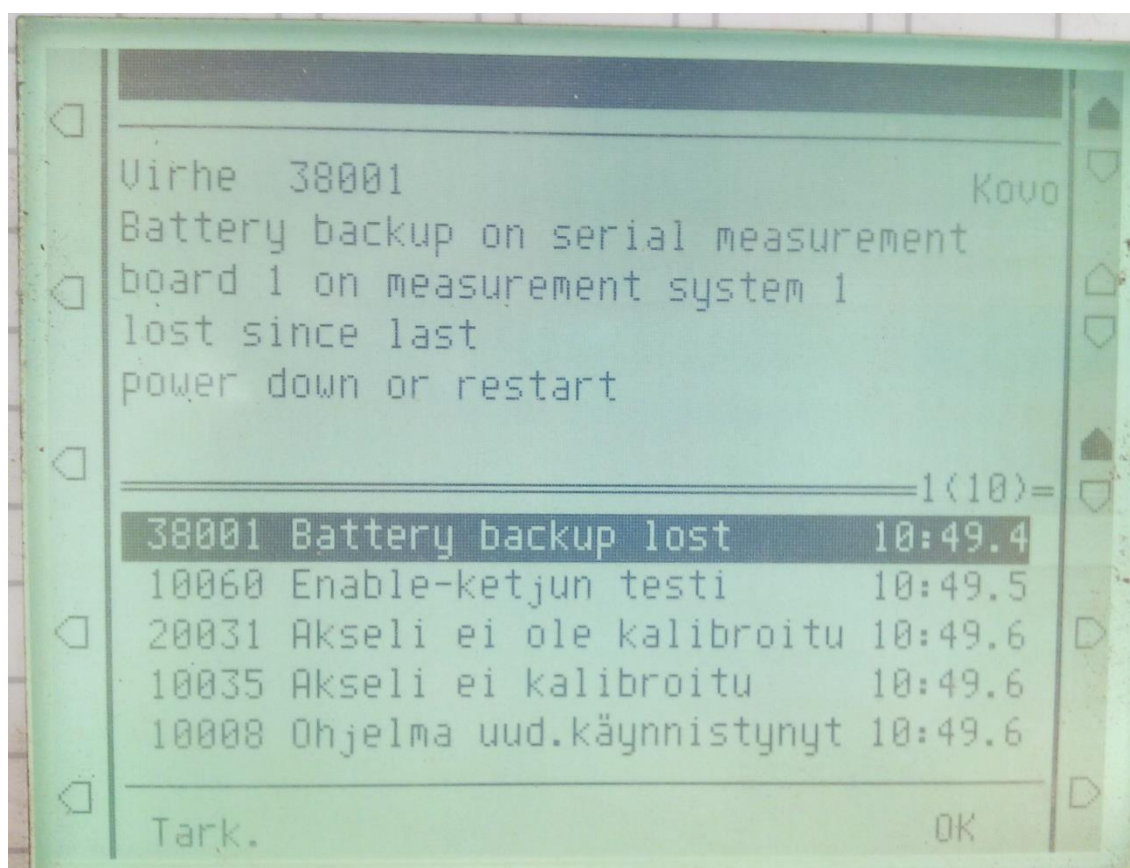
Kuva 30 Virhenäyttö 2



Kuva 31 Akut



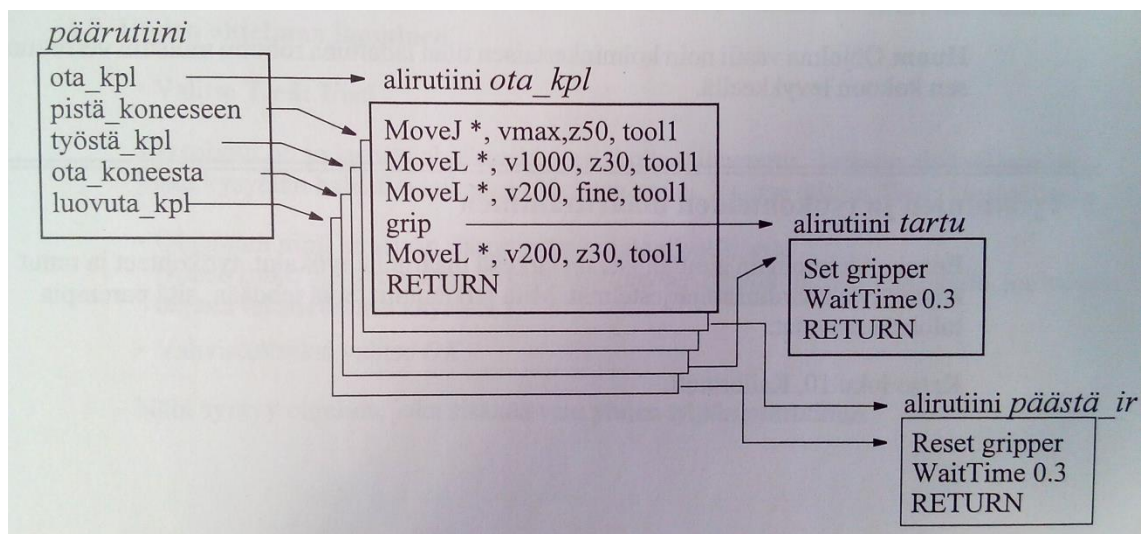
Kuva 32 Ajureiden asennus



Kuva 33 Ensikäynnistyksen tapahtumaloki

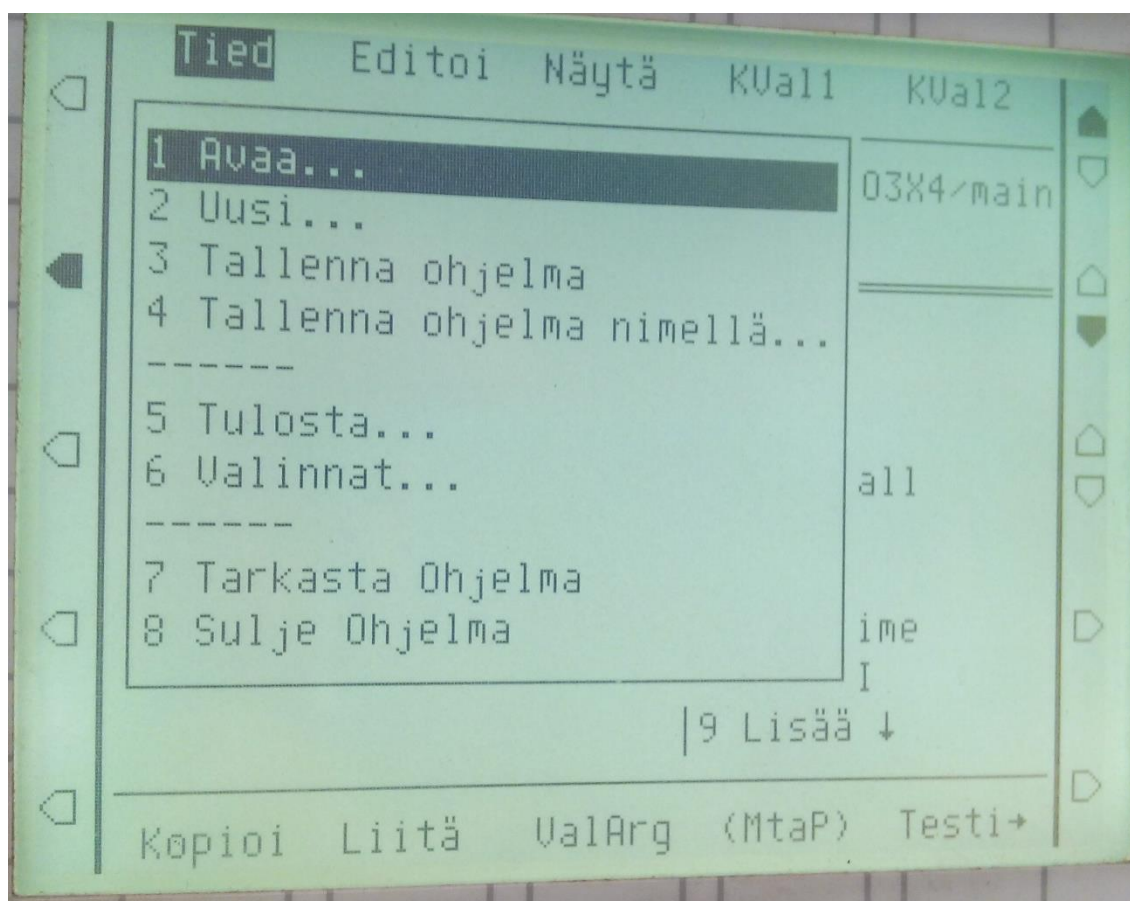
5 ABB IRB 1400 teollisuusrobotin Ohjelmointi

Ohjelma koostuu RAPID -kielellä ohjelmoiduista käskyistä ja datasta, jolla robotia ja oheislaitteita ohjataan. Ohjelma muodostuu yleensä kolmesta erilaisesta osasta, päärutiinista (pääohjelma), alirutiineista (aliohjelmia), ja ohjelmadatasta. Ohjelman suoritus alkaa siis päärutiinista, ja joka on ohjelman niin sanottu ”pää-runko”. Alirutiineja käytetään että ohjelma saadaan jaettua pienempiin osiin, jolloin ohjelmaa on helpompi lukea, sekä tietysti tehdä. Alirutiineja kutsutaan päärutiinista, tai muista alirutiineista. Kun kutsuttu rutiini on suoritettu loppuun, ohjelma palaa automaattisesti kutsuneen rutiinin seuraavaan käskyyn. Dataa käytetään sijaintien, numeeristen arvojen (esim. rekisterit ja laskurit), määrittämiseen. Hyvä esimerkki ohjelman rakenteesta on esitetty kuvassa 34.



Kuva 34 Esimerkki ohjelman rakenteesta

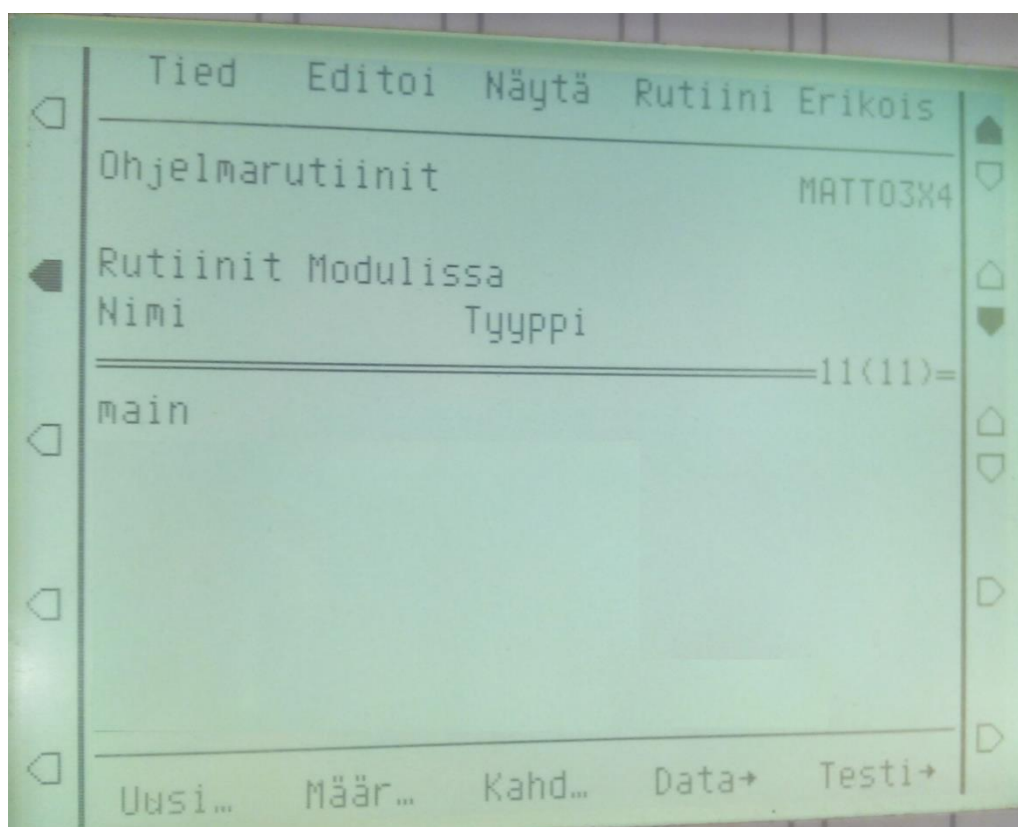
Kaikki ohjelmointi ja testaus tehdään ohjelma-ikkunaa käyttäen, johon päästään ohjelmointiyksiköstä painamalla ohjelma-näppäintä (kuva 7). Uuden ohjelman luominen aloitetaan painamalla valikkonäppäimellä "Tied" ja sieltä valitaan "uusi" (kuva 35). Tämän jälkeen ohjelmalle annetaan nimi, ja hyväksytään se painamalla funktionäppäintä "OK". Näin syntyy ohjelma, joka sisältää vain yhden tyhjän päärutiinin "main". Ennen ohjelmointi on hyvä miettiä jo etukäteen ohjelman rakenne, esim. monta ja minkä nimisiä alirutiineja kannattaa tehdä. Kun ohjelman rakenne on hahmoteltu, voidaan tämän jälkeen aloittaa itse ohjelmointi ja alirutiinien luominen.



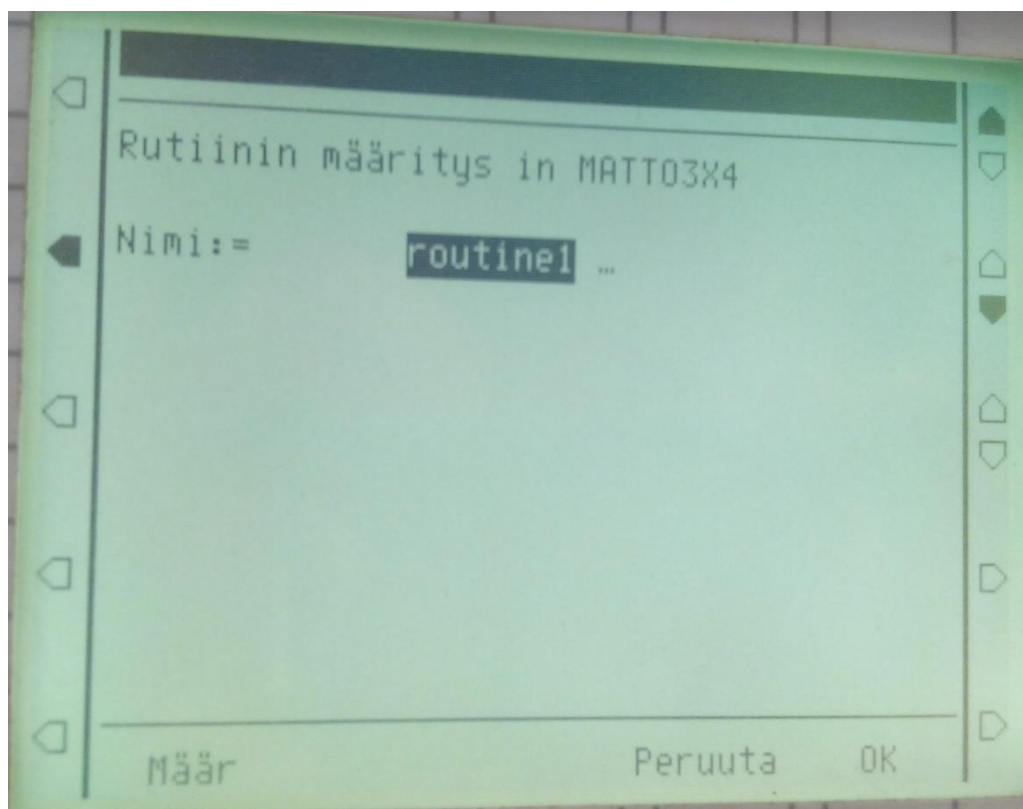
Kuva 35 Uuden ohjelman luominen

5.1 Rutiinit

Uusi rutiini luodaan painamalla valikkonäppäintä "Näytä", josta valitaan "rutiinit". Tässä ikkunassa näkyy siis kaikki luodut rutiinit, mutta koska alirutiineja ei ole vielä luotu, niin ikkunassa ei näy kuin päärutiini "main" (kuva 36). Uusi alirutiini voidaan nyt luoda painamalla funktionäppäintä "Uusi", jonka jälkeen rutiinille voidaan antaa haluttu nimi (kuva 37), joka hyväksytään taas painamalla funktionäppäintä "OK". Järjestelmä määrittää aina uuden rutiinin automaattisesti proseduuriksi. Jokainen alirutiini voidaan luoda tällä tavalla, tai vaihtoehtoinen tapa on kopioida = kahdentaa rutiini. Kopioiminen tapahtuu seuraavalla tavalla. Siirretään kursori halutun alirutiinin kohdalle, ja painetaan funktionäppäintä "Kahd". Järjestelmä ehdottaa automaattisesti nimeksi samaa kuin kopioitava rutiini, mutta kasvattaa juoksevaa numerointia yhdellä, eli jos kopioitavan rutiinin nimi olisi "rutiini1", ehdottaisi järjestelmä nimeksi "rutiini2", nimen voi halutesaan vaihtaa myös kokonaan. Kopioinnissa on syytä huomioda, että jos rutiiniin on tehty jo käskylistä, niin rutiinia kopioidessa kopioituu myös rutiinin sisältö eli käskyt. Tämän on todella kätevä ominaisuus, jos esimerkiksi robotilla on tarkoitus siirtää kappaleita yhdestä samasta paikasta mutta viedä ne eri paikkoihin, esim. vierekkäin.



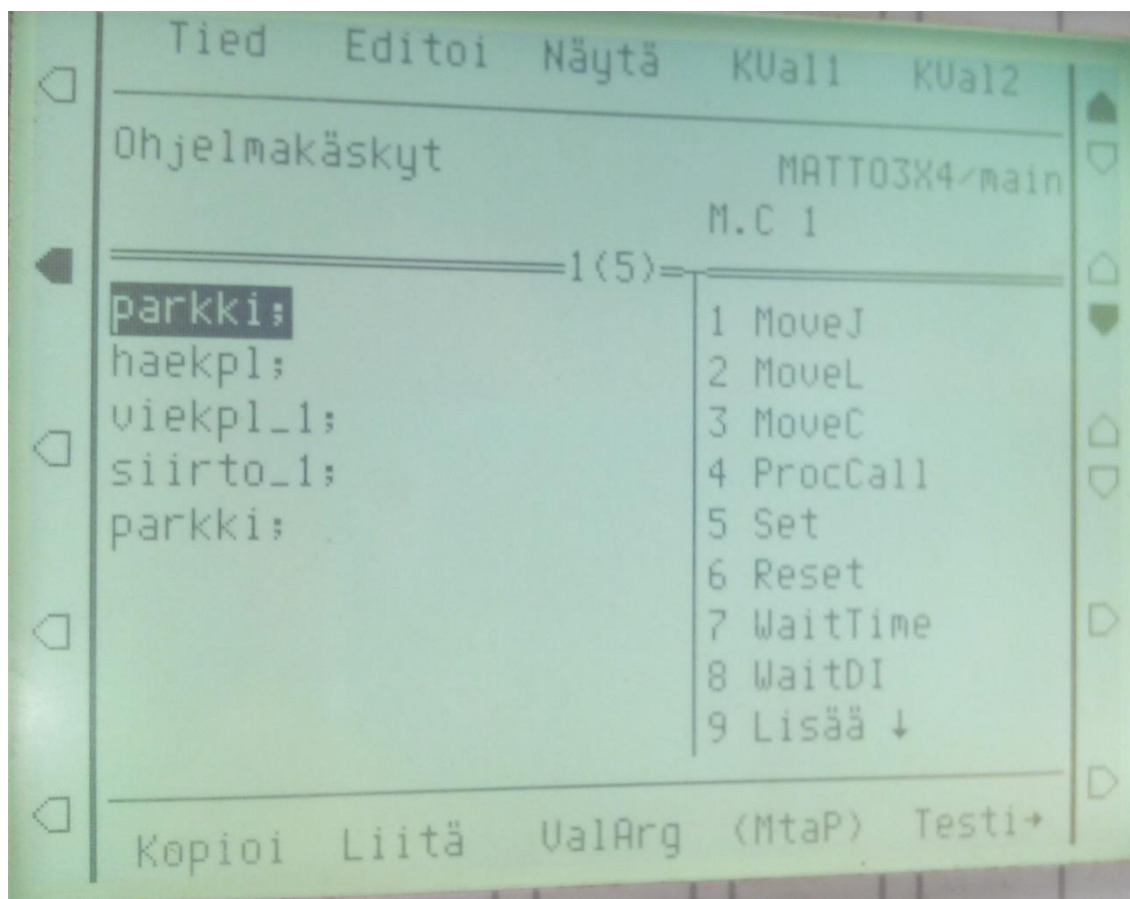
Kuva 36 Rutiinit-ikkuna



Kuva 37 Uuden rutiinin luominen

5.2 Käskyt

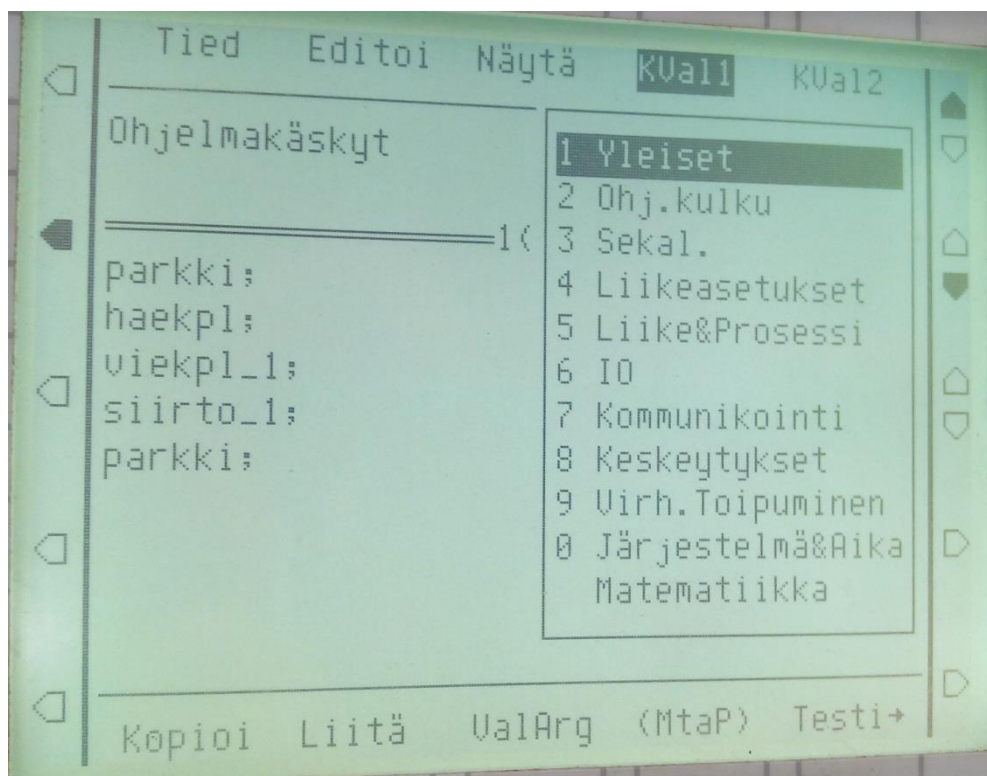
Kun kaikki tarvittavat rutiinit on luotu, voidaan aloittaa käskyjen luominen, niiden lisääminen rutiineihin. Käskyjen luominen aloitetaan valitsemalla haluttu rutiini, joka valitaan "rutiinit"-ikkunasta (kuva 36). Siirretään kursori halutun rutiinin kohdalle ja painetaan "Enter"-näppäintä, tai vaihtoehtoisesti painamalla funktionäppäintä "Käsky", jonka jälkeen aukeaa kuvan 38 mukainen käsky-ikkuna. Nyt voidaan aloittaa käskyjen lisääminen valittuun rutiiniin. Painamalla "lista"-näppäintä, voidaan siirtyä ikkunassa käskyvalikon ja rutiinikäskylistan välillä.



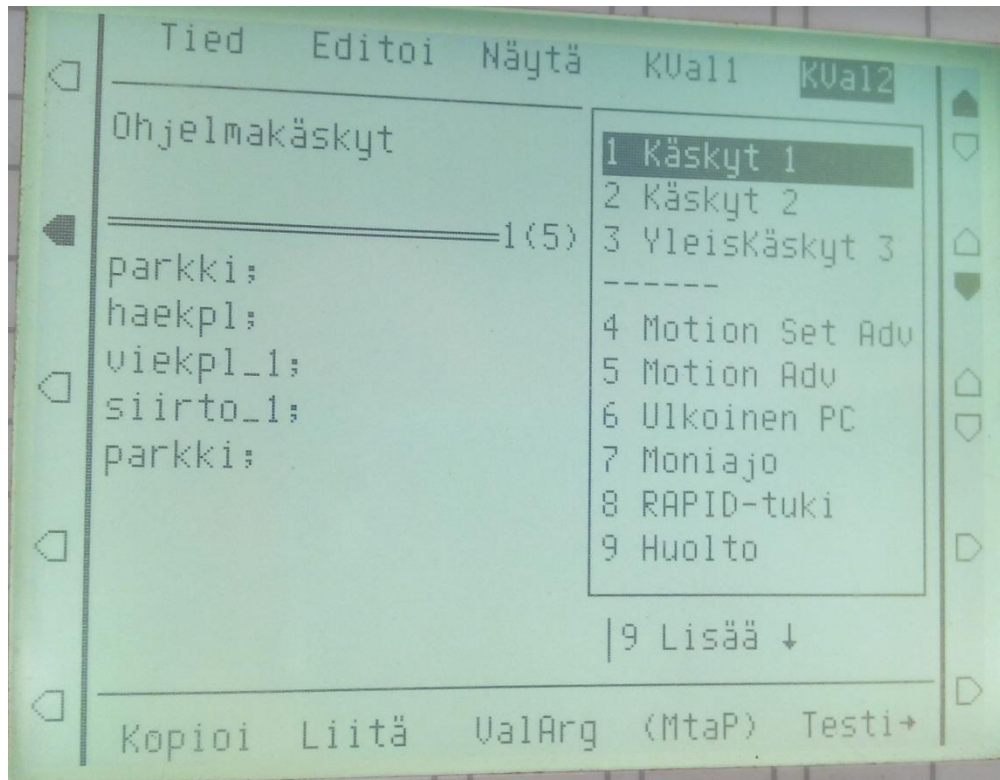
Kuva 38 Käsky-ikkuna

Käskyt on jaettu eri käskyvalikkoihin. Käskyvalikko voidaan vaihtaa painamalla valikkonäppäintä "KVal1" tai "KVal2", joista voidaan valita haluttu käskylistä (kuvat 39 & 40). Käskylistat on esitetty liitteessä 2 ja käytettävät käskyt ja niiden selitykset on esitetty liitteessä 3. Kun haluttu käskylistä on valittu, valitaan haluttu käsky siirtämällä kursori käskyn kohdalle ja painamalla "Enter"-näppäintä. Uusi käsky sijoittuu valitun käskyn perään, mutta jos valittu käsky on jo rutiinissa, voidaan valita lisätäänkö käsky ennen vai jälkeen valitun käskyn. Riippuen käskystä, jotkut käskyt siirtyvät heti rutiinikäskylistään, mutta jotkut käskyt vaativat tarkemman määrittelyn eli niillä on argumentteja, esim. "Set"-käskyyhyn joudutaan valitsemaan haluttu lähtö/rele jota käsky koskee.

Myös liikekäskyt voidaan/pitää määrittää tarkemmin. Liikekäskyssä voidaan määrittää liikkeen: paikoitus, nopeus, tarkkuus sekä työkalu. Esimerkiksi komennossa "MoveJ *, v1000, z30, tool1", jossa * = paikoitus, v1000 = nopeus, z30 = tarkkuus ja tool1 = työkalu. Kun valittuun rutiiniin on saatu luotua tarvittavat käskyt ja määritettyä ne, voidaan siirtyä takaisin rutiinit valikkoon ja valita seuraava ruutini johon käskyt luodaan.



Kuva 39 KVal1

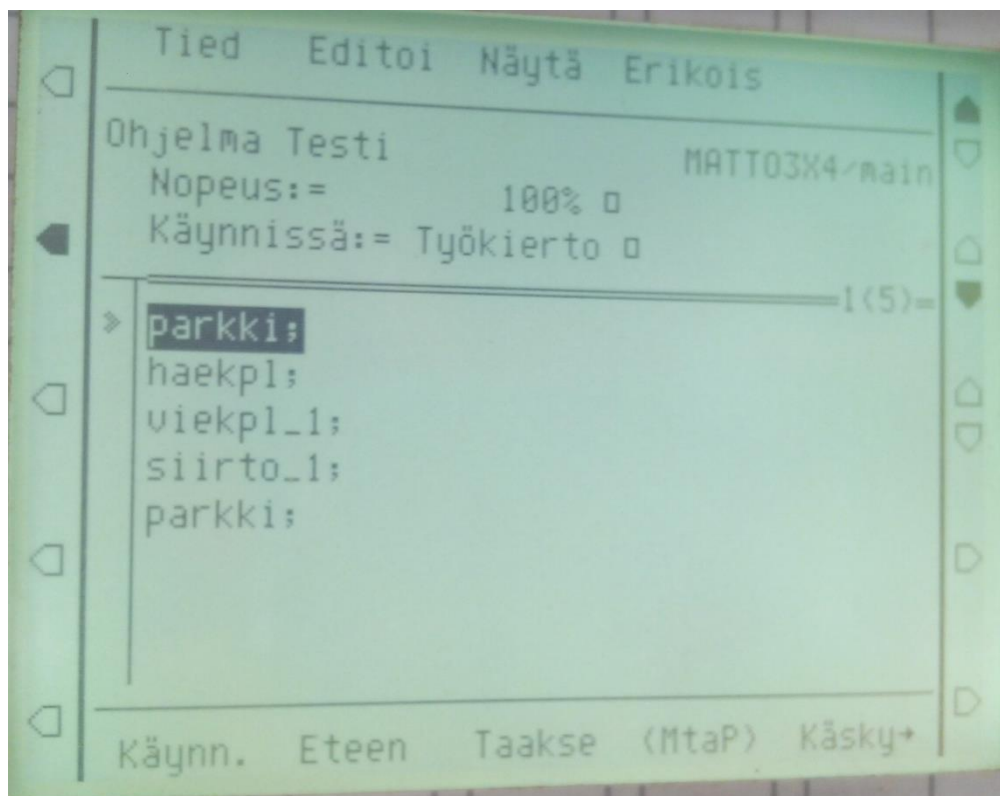


Kuva 40 KVal2

Kun kaikki alirutiinit on tehty valmiiksi, voidaan ne lisätä päärutiiniin, sillä nyt tiedetään tarkkaan mitä käskyjä kukin alirutiini sisältää, ja mitä käskyjä pitää luoda päärutiiniin alirutiinien lisäksi. Alirutiinit voidaan lisätä päärutiiniin ennen kuin niihin luodaan käskyt, mutta silloin ohjelman kokonaisuus on vaikeampia hahmottaa. Alirutiinit lisätään päärutiiniin samalla tavalla kuin alirutiineihin lisättiin käskyjä. Käsky jolla alirutiinia kutsutaan päärutiinista on "ProcCall", kun käsky valitaan käskylistasta, valitaan vielä rutiini mitä kutsutaan. Kun päärutiini on saatu tehtyä valmiiksi, voidaan ohjelma testata.

5.3 Testaus

Ohjelman testaukseen päästää pääruutiini-ikkunan kautta, painamalla funktionäppäintä "Testi", josta aukeaa kuvan 41 mukainen ikkuna. Ensiksi varmistetaan että robotin turva-alueella ei ole ketään, ja että "häätä-seis"-painikkeet ei ole kytketty "päälle". Tämän jälkeen kuitataan kaikki järjestelmässä esiintyneet mahdolliset virheet, esim. häätä-seis pysäytys, painamalla käyttöpaneelin "käyttö"-painiketta. Ohjelman testiajossa voidaan muuttaa ohjelman/robotin nopeutta, sekä ajotavaksi voidaan valita joko, jatkuva, kierto (yksi kierros kerrallaan) tai askelittain (eteen- tai taaksepäin yhden askeleen verran). Tämän jälkeen asetetaan robotti käyttö-tilaan, painamalla sallintalaitetta ohjelmointiyksiköstä, ja painetaan funktionäppäintä "käynn", jos suoritustavaksi on valittu jatkuva tai kierto. Askelittaisessa suoritustavassa painetaan funktionäppäintä "Eteen" tai "Taakse". Jos ohjelman toimii niin kuin pitää, on ohjelma valmis myös automaattiajoon.

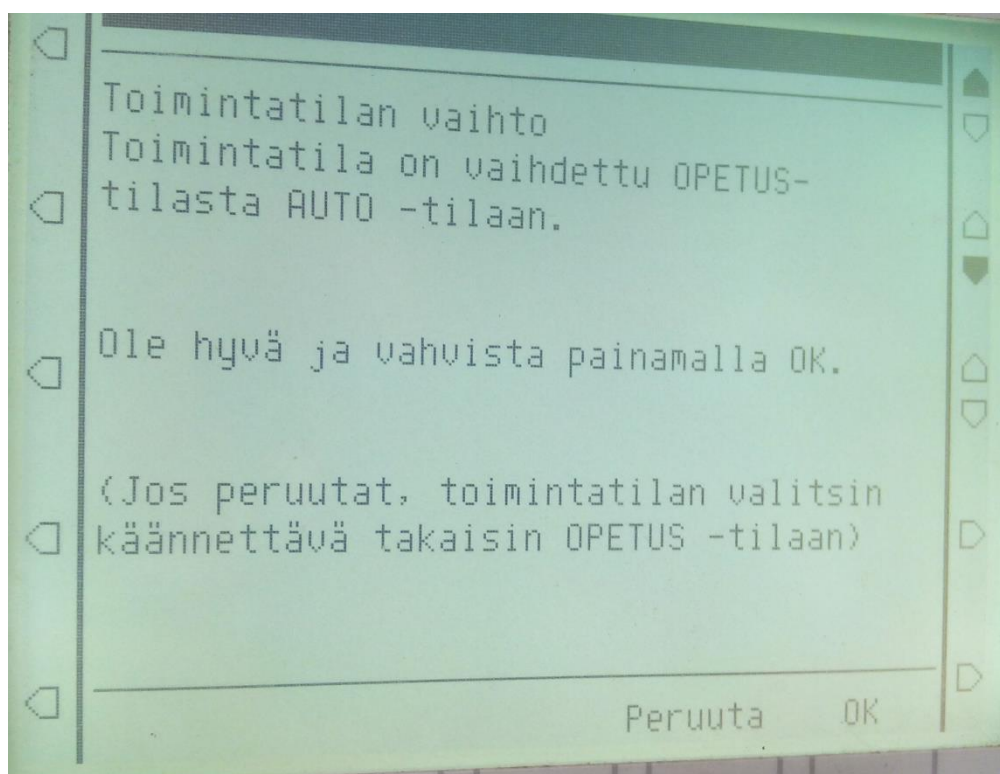


Kuva 41 Testi-ikkuna

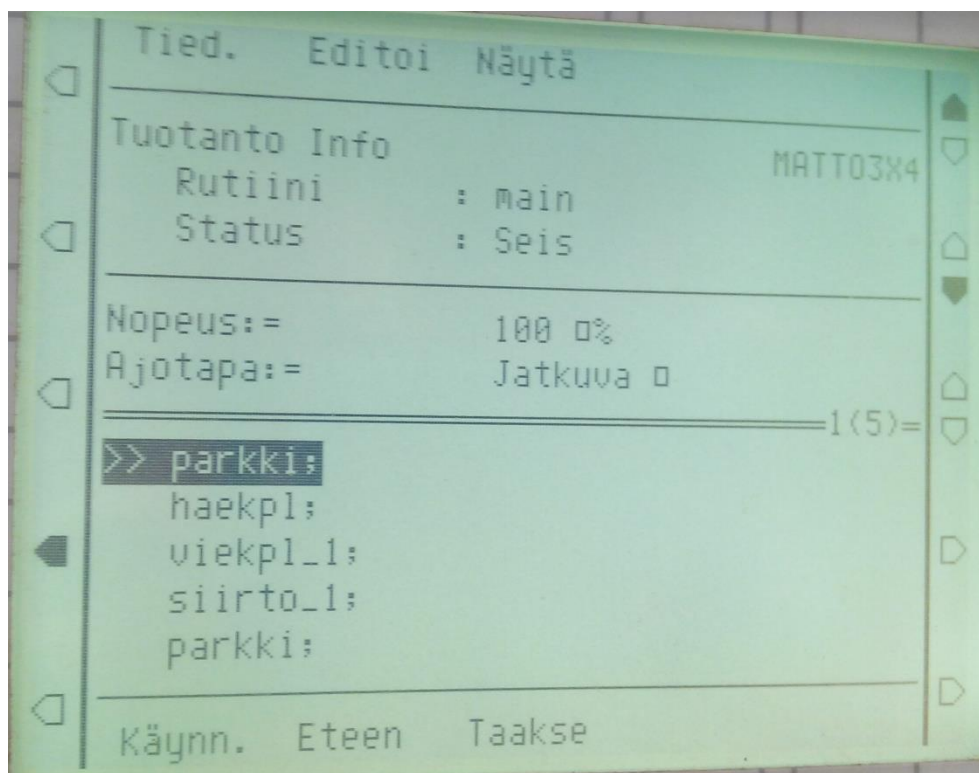
5.4 Automaattiajo

Automaattiajoa käytetään tuotannon ajamiseen. Automaatti tilaan päästään kääntämällä toimintatilan valitsin asentoon "automaatti" (kuva 6), jonka jälkeen näyttöön ilmestyy kuvan 42 mukainen ikkuna, joka hyväksytään painamalla funktionäppäintä "OK", josta päästään itse tuotanto-ikkunaan (kuva 43). Tämän jälkeen kuitataan taas kaikki järjestelmässä esiintyneet mahdolliset virheet painamalla käyttöpaneelin "käyttö"-painiketta.

Tuotanto-ikkuna ei juuri eroa testi-ikkunasta, sillä tuotanto-tilassa voidaan muuttaa myös nopeutta ja ajotapaa. Merkittävin ero näillä on se että tuotanto-tilassa ohjelma pyörii ilman että tarvitsee painaa sallintalaitetta. Kun nopeus ja ajotapa on valittu, voidaan ohjelma käynnistää funktionäppäimestä "Käynn", tai vaihtoehtoisesti "Eteen" tai "Taakse" funktionäppäimistä. Ohjelma voidaan pysäyttää ohjelmointiyksikön "Stop"-näppäimestä, ja tietysti robotti/ohjelma pysähtyy myös "hätä-seis"-painikkeista, mutta suositeltavaa on että niitä käytetään vain hätätilanteessa.



Kuva 42 Toimintatilan vaihto



Kuva 43 Tuotanto-ikkuna

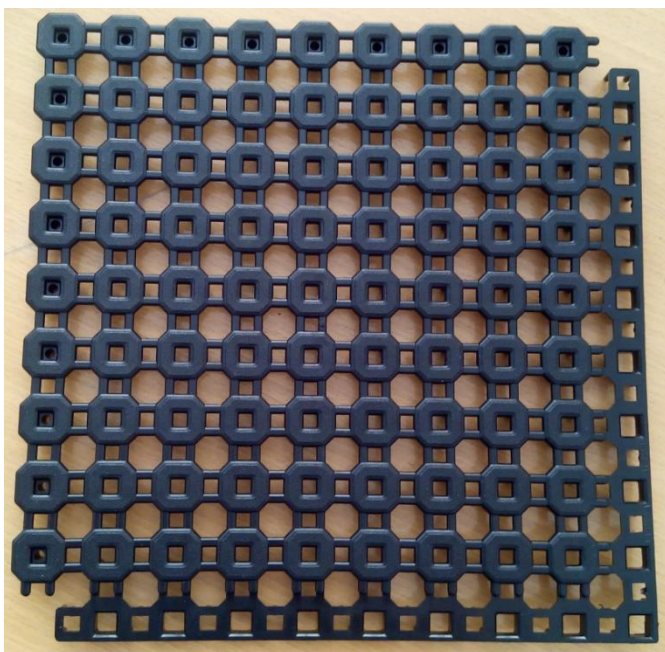
6 Ohjelma 3x4 maton tuotantoon

6.1 Käytännössä

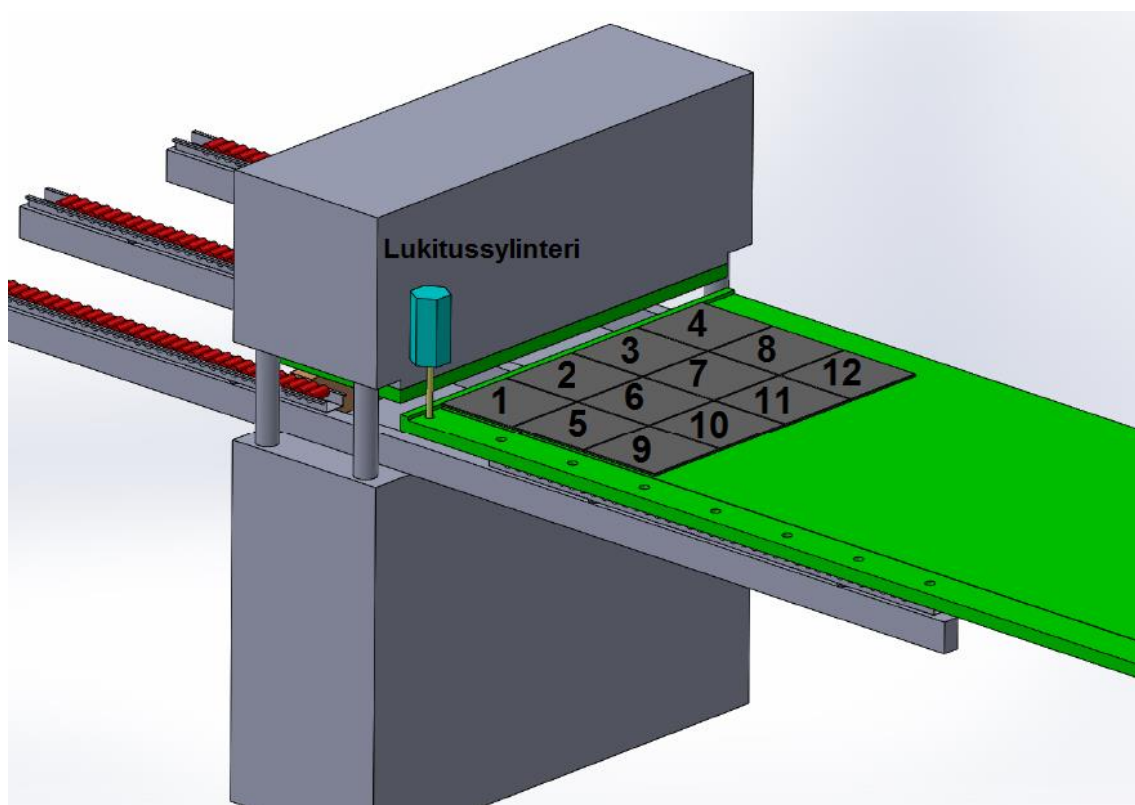
Robotin on tarkoitus valmistaa/kasata erikokoisia muovimattoja yksittäisistä 20cm x 20cm mattopaloista (kuva 44), mutta tässä käsitellään tarkemmin 3x4 maton valmistumista. Prosessiin kuuluu valukone, robotti ja puristin (kuva 45). Prosessi alkaa valukoneen muotista, jossa mattopala ”syntyy”, jonka jälkeen mattopala kuljetetaan liukuhihnaa pitkin liukuhihnan päähän. Mattopala ohjataan liukuhihnan päässä kulmaukseen seinämien avulla, josta robotti pystyy siten hakemaan mattopalan aina samasta paikasta. Kun mattopala tulee kulmaukseen, lähtee signaali robotille, että mattopala on valmiina haettavaksi. Robotti hakee kpl:een ja vie sen puristimen pöydälle paikkaan 1 (kuva 45). Tämän jälkeen robotti menee ”parkkiin” odottamaan uutta signaalia uudesta valmiista mattopalasta. Parkki paikoitus on määritetty liukuhihnan ja puristimen väliin. Kun taas uusi kpl on valmiina haettavaksi, robotti hakee sen, ja vie sen puristimen pöydälle paikalle 2. Tämä toistuu samalla tavalla 4:een kappaleeseen asti, eli neljällä mattopalalla saadaan täyteen maton ensimmäinen rivi.

Kun ensimmäinen rivi on valmis, voidaan mattopalat puristaa kiinni toisiinsa. Neljännen mattopalan jälkeen robotti siirtyy puristimen pöydän päässä olevaan reikään, josta robotilla voidaan liikuttaa pöytää. Robotti siirtää pöytää yhden mattopalarivin verran eteenpäin. Tämän jälkeen robotti antaa käskyn puristimessa olevalle pöydän lukitus sylinterille, joka lukitsee pöydän puristuksen ajaksi. Tämän jälkeen robotti antaa käskyn puristimelle, joka puristaa mattopalat kiinni toisiinsa. Kun puristus on tehty, vapautuu 2 sekunnin kuluttua myös pöydän lukitus sylinteri, jonka jälkeen robotti siirtää pöydän takaisin alkupaikkaan. Tämän jälkeen robotti siirtyy taas parkkiin, odottamaan uutta mattopalaa. Tämä oli yks ohjelma ”kierros”. Kun taas uusi mattopala on haettavissa, se viedään nyt paikalle 5, ja seuraava paikalle 6 jne. Kun rivi on valmis, robotti siirtää pöytää nyt 2 rivin verran, ja puristaa mattopalat kiinni toisiinsa.

Kun 3 riviä on valmiina ja ne puristettu, on 3x4 matto valmis. Tämän jälkeen robotti vetää kokonaisen maton pois puristimen pöydältä.



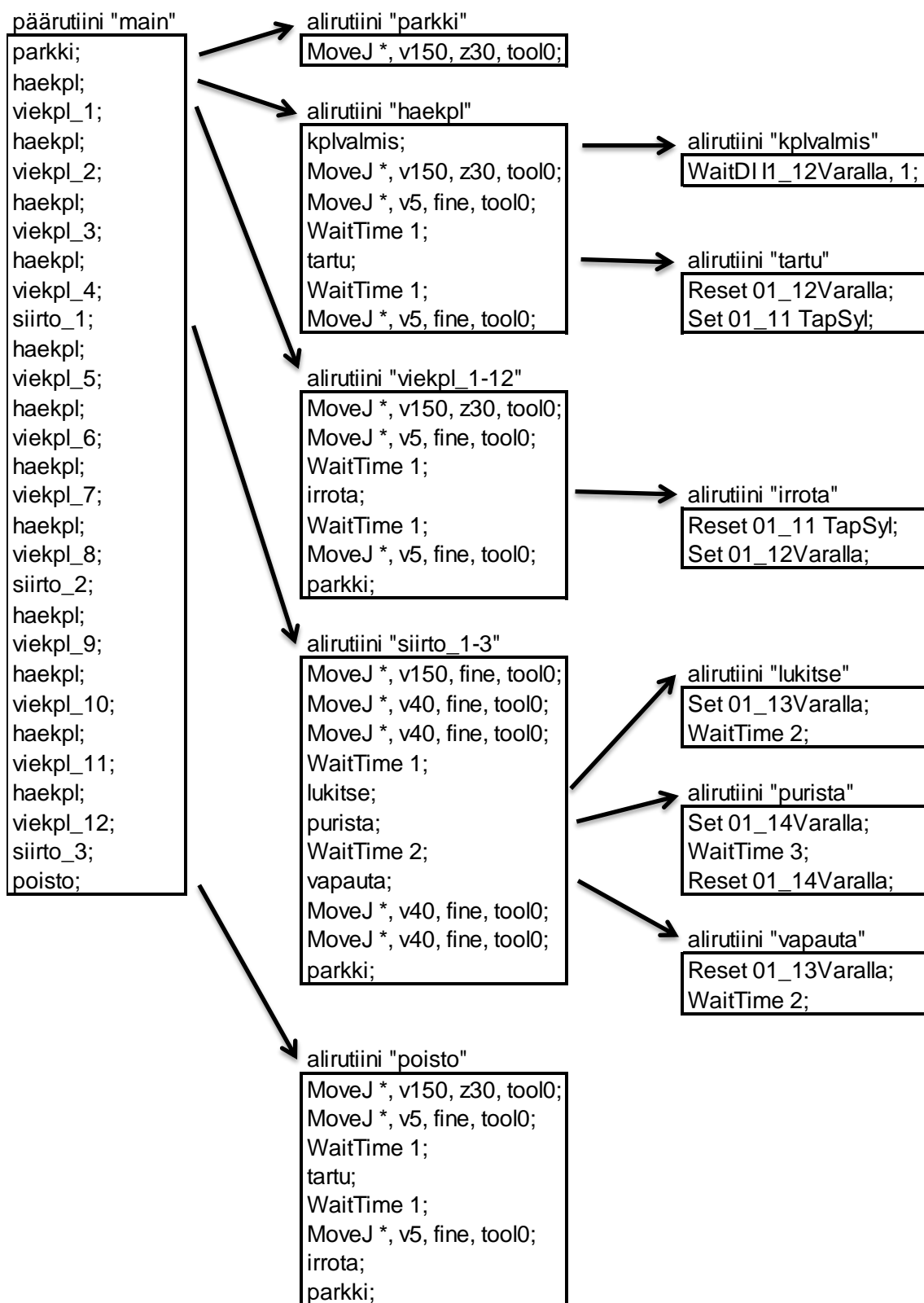
Kuva 44 Mattopala



Kuva 45 Puristin ja mattopalojen sijainnit

6.2 Ohjelman rakenne

Ohjelma koostuu päärutiinista "main", sekä 24 alirutiinista, jotka ovat: parkki, kplvalmis, haekpl, tartu, viekpl_1-12, irrota, siirto_1-3, lukitse, purista, vapauta ja poisto. Alirutiinia "haekpl" ei tarvitse olla kuin yksi, ja se käy jokaiseen mattopalan hakuun, koska mattopala käydään aina samasta paikasta. Alirutiinit "viekpl" pitää olla omansa, koska niillä on jokaisella oma paikoituksensa, mutta muuten niissä on samat käskyt kaikissa, ainoastaan ensimmäinen paikoitus on eri. Sama koskee myös "siirto" rutiineja, koska jokainen siirto on erilainen. Kuvassa 46 on havainnollistettu ohjelman rakenne, josta nähdään päärutiinin sisältö, sekä kaikkien alirutiinien ja niiden alirutiinien käskyt.



Kuva 46 Ohjelman rakenne

7 Pohdinta

Opinnäytetyön aihe oli mielestäni todella kiinnostava, sillä aikaisempaa kokemusta teollisuusroboteista minulla ei ollut, tai mistään muistakaan roboteista. Työn alkuvaiheilla minua hieman jännittikin miten tämä työ tulee sujumaan, sillä toimeksiantajan puolesta kellokään ei ollut kokemusta teollisuusroboteista, joten jouduin aloittamaan työn aivan ”tyhjältä”. Toisaalta tämä oli hyvä asia, sillä tällä tavalla on perehdyttävä asiaan aivan perinpohjaisesti, ja sen myötä asiasta oppii paljon enemmän. Sen lisäksi että apua ei ollut saatavilla toimeksiantajan puolesta robotin käyttöön, oli huomioitavaa että kyseessä oli vanha ja käytetty robotti, joka oli viime vuodet ollut varastossa pölyttymässä, ja näin ollen oli odotettavissa ongelmia myös sen suhteen.

Työn alkuvaiheessa robotissa ilmenneet ongelmat olivat kuitenkin onneksi melko pieniä, ja ne saatiin korjattua melko nopeasti ja vaivattomasti. Kun robotti saatiin takaisin ”henkiin” ja pääsin vihdoinkin tutustumaan robottiin ja sen ominaisuuksiin käytännössä, pääsin robotin kanssa niin sanotusti ”sinuiksi” melko nopeasti, ja monet ohjekirjasta jääneet epäselvyydet ratkesi. Käsinohjauksen ja sen ominaisuudet oppi melko nopeasti ja vaivattomasti, mutta ohjelmointi olikin hieman haasteellisempaa. Ohjelmoinnissa haastavinta alussa oli saada tehtyä järkeviä alirutiineja, ja että miten niitä voidaan kutsua toisiin rutiineihin, mutta käskylistaa tarkastellessa tarkemmin selvisi sekin ongelma.

Työ oli oppimismielessä itselle todella antoisa, sillä ennen työtä minulla ei ollut mitään käsitystä roboteista, niiden toiminnoista, ominaisuuksista ja varsinkaan ohjelmoinnista, ja nyt minulla on melko hyvä käsitys roboteista yleensä ja RAPID- ohjelmointikielestä. Mielestäni työstä oli myös suuri hyöty toimeksiantajalle, sillä robotti olisi edelleen käyttämättömänä varastossa pölyttymässä. Lopuksi täytyy vielä mainita ABB:n loistavasta asiakaspalvelusta, sillä heiltä sai moneen ongelmaan ratkaisun sähköpostilla muutaman tunnin sisään.

Lähteet

1. Oy All-Plast Ab. Yritys. <http://www.all-plast.fi> [Luettu 21.4.2016]
2. ABB. Yritys. <http://new.abb.com/products/robotics/fi> [Luettu 21.4.2016]
3. ABB. Yritys. <http://new.abb.com/products/robotics/fi/teollisuusrobotit> [Luettu 21.4.2016]
4. <http://rab.ict.pwr.wroc.pl/irb1400/prod14.pdf>

Robotin täyttämät standardit

- ANSI/RIA 15.06-1992
- EN 292-1
- EN 292-2
- EN 954-1
- EN 60204
- IEC 204-1
- ISO 10218, EN 775
- ISO 9787
- IEC 529
- EN 50081-2
- EN 50082-2
- ANSI/UL 1740-1996
- CAN/CSA Z 424-94

Käskyllistat

KVal1-valikosta

<u>Nimi</u>	<u>Sisältö</u>
Yleiset	Joitakin yleisimmin käytettyjä käskyjä
Ohj.Kulku	Ohjelmakulun kontrollointiin käytetyt käskyt
Sekal.	Esim. ':= ' ja wait
Liikeasetukset	Liikkeisiin vaikuttavat käskyt
Liike & Prosessi	Liikekäskyt
I/O	I/O -käskyt
Kommunikointi	Tietoliikennekäskyt
Keskeytykset	Keskeytysten käsittelyyn käytetyt käskyt
Virh.Toipuminen	Virheiden käsittelyyn käytetyt käskyt
Järjestelmä & aika	Päivämäärä- ja aikakäskyt
Matematiikka	Aritmeettiset käskyt

KVal2-valikosta

Yleisimmät 1	Käyttäjän määrittelemä
Yleisimmät 2	Käyttäjän määrittelemä
Yleisimmät 3	Käyttäjän määrittelemä
Liikeaset. keh.	Kehittyneempien (mutkikkaampien) liikkeiden asettamiskäskyt
Liike Keh.	Kehittyneemmät liikekäskyt
Ulk.tietokone	Communication Ware -käskyt (tietoliikenne)
Huolto	Huoltokäskyt

Käytettävät käskyt ja niiden selitykset

“:=”	Sijoittaa arvon
AccSet	Alentaa kiihtyvyyden
ActUnit	Aktivoi mekaanisen yksikön
Add	Lisää numeerisen arvon
ArcC ¹	Kaarihitsaus ympyräliikkeellä
ArcL ¹	Kaarihitsaus lineaarisella liikkeellä
Break	Keskeyttää ohjelman suorituksen
Clear	Tyhjentää (poistaa) arvon
ClkReset	Nollaa ajanottoon käytetyn kellon
ClkStart	Käynnistää ajanottoon käytetyn kellon
ClkStop	Pysäyttää ajanottoon käytetyn kellon
Close ²	Sulkee tiedoston tai sarjaportin
comment	Kommentti
ConfJ	Kontrolloi konfiguraatiota nivelliikkeessä
ConfL	Valvoo konfiguraatiota lineaarisessa liikkeessä
CONNECT	Kytkee keskeytyksen keskeytysrutiiniin
DeactUnit	Deaktivoi mekaanisen yksikön
Decr	Vähentää 1:llä
EOffsOff	Deaktivoi ulkoisten akselien offsetin
EOffsOn	Aktivoi ulkoisen akselin offsetin
EOffsSet	Aktivoi ulkoisen akselin offsetin käyttämällä arvoa
ErrWrite	Kirjoittaa virheilmoituksen
EXIT	Päättää ohjelman suorituksen
FOR	Toistaa annetun määrän kertoja
GOTO	Menee uuteen käskyyn
GripLoad	Määrittelee robotin hyötykuorman
IDelete	Peruuttaa keskeytyksen
IDisable	Kieltää keskeytykset
IEnable	Sallii keskeytykset
Compact IF	Jos ehto täyttyy, niin ... (yksi käsky)
IF	Jos ehto täyttyy, niin ...; muuten ...
Incr	Lisäys 1:llä
InvertDO	Invertoi digitaalisen lähtösignaalin arvon
ISignalDI	Määrää keskeytyksiä digitaalisista tulosignaaleista

Käytettävät käskyt ja niiden selitykset

ISleep	Deaktivoi keskeytyksen
ITimer	Määrää ajoitetun keskeytyksen
IWatch	Aktivoi keskeytyksen
label	Rivin nimi
LimConfL	Määrittää konfiguraatiossa sallitun poikkeaman
MoveC	Liikuttaa robottia ympyrärataa pitkin
MoveJ	Siirtää robottia nivelliikkeellä
MoveL	Siirtää robottia lineaarisesti
Open ¹	Avaa tiedoston tai sarjaportin
PDispOff	Deaktivoi ohjelmasiirroksen
PDispOn	Aktivoi ohjelmasiirroksen
PDispSet	Aktivoi ohjelmasiirroksen käyttämällä arvoa
ProcCall	Kutsuu uuden proseduurin
PulseDO	Generoi pulssin digitaaliseen lähtösignaaliin
RAISE	Kutsuu virheenkäsittelijän
Reset	Nollaa digitaalisen lähtösignaalin
RestoPath ¹	Radan uudelleentallennus keskeytyksen jälkeen
RETRY	Uudelleenkäynnistää virheen jälkeen
RETURN	Päättää rutiinin suorituksen
SearchC	Haku robotin ympyräliikkeellä
SearchL	Haku robotin lineaarisella liikkeellä
Set	Asettaa digitaalisen lähtösignaalin
SetAO	Muuttaa analogisen lähtösignaalin arvoa
SetDO	Muuttaa digitaalisen lähtösignaalin arvoa
SetGO	Muuttaa digitaalisen lähtösignaaliryhmän arvoa
SingArea	Määrittelee interpolaation singulaaripisteiden ympärillä
SoftAct	Pehmytservon aktivointi
SoftDeact	Pehmytservon deaktivointi
SpotL ²	Pistehitsaus liikkeellä
StartMove ¹	Uudelleenaloittaa robotin liikkeen
Stop	Pysäyttää ohjelman suorituksen
StopMove ¹	Pysäyttää robotin liikkeen
StorePath ¹	Tallentaa radan keskeytyksen tapahtuessa
TEST	Lausekkeen arvosta riippuen ...

Käytettävät käskyt ja niiden selitykset

TPErase	Poistaa ohjelmointiyksikön näytön tekstin
TPReadFK	Lukee funktionäppäimiä
TPReadNum	Lukee numeron ohjelmointiyksiköltä
TPWrite	Kirjoittaa ohjelmointiyksikölle
TriggC ¹	Robotin ympyräliike tapahtumin
TriggInt ¹	Määrittää paikoituskohtaisen keskeytyksen
TriggIO ¹	Määrittää paikoituskohtaisen I/O-tapahtuman
TriggJ ¹	Robotin nivelliike tapahtumin
TriggL ¹	Robotin lineaarinen liike tapahtumin
TuneReset	Resetoi servosäädön
TuneServo	Servojen säätö
VelSet	Muuttaa ohjelmoidun nopeuden
WaitDI	Odottaa kunnes digitaalinen tulo asettuu
WHILE	Toistaa niin kauan kuin ...
Write ¹	Kirjoittaa merkkipohjaiseen tiedostoon tai sarjaporttiin
WriteBin ¹	Kirjoittaa binääriseen sarjaporttiin
WaitTime	Odottaa annetun ajan
WaitUntil	Odottaa kunnes ehto on täyttynyt